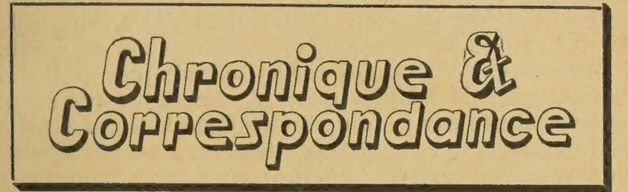
REVUE GENERALE DES SCIENCES
PURES ET APPLIQUEES
ET BULLETIN DE L'ASSOCIATION FRANÇAISE POUR L'AVANCEMENT DES SCIENCES
TOME LXIV Mai-Juin 1957 N°s 5-6



L'enseignement scientifique dans le second degré et le recrutement des Professeurs de sciences

Le recrutement des professeurs de sciences de l'enseignement secondaire pose aujourd'hui un problème qui paraît insoluble. Si on met souvent en évidence les désertions de ceux qui quittent l'enseignement après avoir, par exemple, réussi au concours d'agrégation, on ne parle guère de tous les jeunes gens qui ne songent pas à entrer dans le corps enseignant pour des raisons qui ne sont pas uniquement d'ordre matériel. L'insuffisance des traitements a une importance indiscutable, mais je voudrais mettre en lumière d'autres raisons de ce malaise, montrer que l'ensemble de ces raisons explique autant la crise actuelle que l'état des traitements et indiquer quelques remèdes possibles.

Les classes de l'enseignement secondaire comportent un nombre considérable de sections (A, A', C, M, etc...) d'un même niveau ; les programmes scientifiques sont différents d'une section à l'autre par leur contenu et surtout par leur esprit. Je connais des professeurs qui ont six cours différents à assurer en quinze heures.

Des agrégés enseignent en 6e et 5e et des licenciés dans des classes où les jeunes gens se préparent aux concours de grandes écoles. Cela tient à ce que certains inspecteurs généraux préfèrent assurer le service de ces dernières classes par des professeurs ayant de médiocres connaissances scientifiques et de « bonnes » méthodes disciplinaires plutôt que par des agrégés dont les méthodes autoritaires leur paraissent insuffisantes.

Les programmes des classes de Spéciales ont subi récemment des modifications mais ils apparaissent encore incohérents

et vétustes. Voici deux exemples en mathématiques : n'est-ce pas absurde de dire « on pourra introduire la notion de convergence uniforme à propos de l'étude des séries entières » et de voir deux chapitres intitulés l'un Algèbre linéaire, l'autre Théorie des vecteurs ?

Le baccalauréat grève les deux dernières années des études secondaires et le professeur de sciences s'interdit en partie ou en totalité un enseignement intéressant.

Quant aux professeurs de Spéciales et assimilés dont la plus grande partie forme un corps remarquable, le critère officiel de leur valeur et de leur enseignement est mesuré au nombre des élèves reçus dans les grandes écoles scientifiques et techniques. Ce qui est risible. Il est plus grave de constater que ces professeurs sont destinés par la faute du système à écrémer les classes secondaires de leurs meilleurs éléments pour orienter ces éléments vers des carrières où ils sont perdus pour l'enseignement et la recherche scientifique.

Pour recruter des professeurs de sciences et plus généralement des étudiants de sciences, le Gouvernement dispose de certains moyens et prend ces dernières années diverses mesures.

En apparence les concours d'agrégation scientifique sont inchangés mais le nombre des candidats baisse d'une année à l'autre, leur valeur moyenne aussi. La proportion des reçus par rapport au nombre de candidats a doublé en mathématiques depuis moins de vingt ans. La situation la plus grave semble l'apanage de l'agrégation de mathématiques dont la nature rebute d'avance les jeunes gens : leçons de difficultés et de connaissances disproportionnées et auxquelles on attribue le même coefficient, rigidité de la règle de jeu, importance des spéciales au point qu'actuellement un candidat qui est passé par les classes de Spéciales a presque son admissibilité en poche.

Quant au CAPES il suffit de connaître la moyenne des notes attribuées à ceux qu'on reçoit, pour juger de sa valeur.

On prépare la naissance des IPES. S'il s'agit de recruter de bons professeurs on peut prédire d'avance leur échec : 1°) parce que ce ne seront pas les meilleurs étudiants de sciences qui s'y présenteront même si on leur assure un léger avantage matériel, car l'industrie sous toutes ses formes a beau jeu de les disputer à l'enseignement ; 2°) parce que les jeunes gens sont inquiets de ce que sera leur existence de professeur : traitement, nombre considérable de cours différents, nature des programmes, rôle nul dans la cité ; il refusent d'entrer dans un système qu'ils condamnent plus ou moins consciemment et dont ils n'ont pas toujours gardé un bon souvenir.

Le Gouvernement tente actuellement de susciter les vocations scientifiques, mais que penser de l'idée d'offrir 75.000 francs par an à ceux qui s'inscriront en propédeutique scientifique ? A quand les affiches : engagez-vous, rengagez-vous dans la légion

universitaire ? On parle d'augmenter le nombre d'heures scientifiques en 6e, ce qui est bien, mais n'aura d'effet que dans sept ans. On crée des postes, mais il n'y a pas de candidats.

Toutes ces mesures sont et seront inopérantes, étant donnés les besoins actuels et futurs sans cesse croissants, parce qu'elles sont formelles ; elles constituent un ensemble sans cohésion pour la raison essentielle que des notions simples ont été oubliées.

Voici des mesures immédiatement réalisables et rentables dans les trois domaines suivants : enseignement secondaire, recrutement des professeurs, classes de propédeutique.

1°) Réduire à trois le nombre de sections dans les classes secondaires.

2°) Augmenter immédiatement dès les classes de seconde le nombre d'heures réservé aux enseignements scientifiques fondamentaux au détriment des matières d'érudition pure. Car il est possible encore d'enseigner les sciences à des jeunes gens à partir de la seconde, même si ceux-ci n'ont pas ou peu de connaissances. Cette classe correspond de plus en moyenne à la puberté.

3°) Les épreuves écrites du baccalauréat seront constituées par quatre épreuves (dont certaines obligatoires) que le candidat choisira parmi sept épreuves.

4°) Programmes scientifiques uniques dont une partie plus ou moins importante sera enseignée dans les classes à orientation générale non scientifique. Cette mesure permettra à certains élèves de passer d'une section littéraire à une section scientifique en complétant leurs connaissances et facilitera le travail des professeurs. Elle permettra partout où ce sera possible de grouper les enseignements scientifiques, quitte à augmenter parfois les effectifs des élèves dans certains lycées et collèges. De plus elle libérera un certain nombre de professeurs de sciences auxquels pourront être confiées de nouvelles classes.

5°) Les concours de recrutement des professeurs doivent être libres de toute obligation autre que celle du service de l'Etat. Ces concours doivent être un vestibule dans lequel s'ouvrent plusieurs portes et non un cul-de-sac. Considérer que tout agrégé doit immédiatement servir dans l'enseignement secondaire, c'est limiter *ipso facto* le nombre de candidats. C'est en donnant l'idée aux jeunes gens que ces concours leur permettent encore un choix qu'on leur donnera l'idée de concourir.

6°) Le concours d'agrégation doit être modernisé et allégé. En ce qui concerne l'agrégation de mathématiques (je ne suis pas compétent sur les autres variantes) les épreuves de Spéciales et d'élémentaires doivent être fondues en une seule, la durée des épreuves écrites ramenée à 6 heures, les épreuves orales équilibrées (ne pas juger un candidat d'après la leçon sur l'intégrale définie et un autre sur la construction de courbes définies par $r = f(\theta)$). Ce concours, reconnu polyvalent, doit être placé sous

la présidence d'un professeur d'une faculté des Sciences renouvelé tous les trois ans. On favorisera les candidatures en rendant ce concours intéressant et ouvert, et en spécifiant que les agrégés n'enseigneront qu'à partir des classes de seconde.

7°) Enfin je dirai quelques mots de la propédeutique (qui nécessiterait un long développement). Plus de la moitié des élèves des grandes écoles ont séjourné au moins deux ans dans les classes de Spéciales et les classes analogues. Le programme de propédeutique scientifique qui verra prochainement le jour sera considérablement allégé. Il doit devenir le programme unique de la propédeutique, qu'elle soit enseignée (pour le moment) dans les Facultés ou dans les Lycées.

Le nombre des concours qui correspondront à ces programmes doit être réduit au minimum (trois) et les connaissances exigées à ces concours se rapporteront obligatoirement au programme unique. On diminuera ainsi la fatigue des jeunes gens et on augmentera le nombre des professeurs, la durée de préparation de ces concours étant réduite d'une année au moins.

Il n'est pas encore trop tard pour mettre en œuvre ces idées. Mais il faut se hâter car dans huit ans le nombre des jeunes gens nés en 1946 sera de quelque huit cent mille. Il s'agit de préparer aujourd'hui l'éducation et l'orientation de ces jeunes intelligences. Il s'agit plus simplement de songer à ce que le pays doit être dans dix ans.

Marc ZAMANSKY,
Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

Les éléments les plus récemment découverts de la classification périodique

Durant les quelques dernières années, la liste des éléments nouveaux au-delà de l'élément 92, l'uranium, n'a cessé de s'allonger. L'équipe de l'Université de Californie, à Berkeley, a beaucoup contribué à ces découvertes, annonçant successivement, en 1944 et 1945, la découverte des éléments 95 et 96, Americium et Curium, et en 1950 celle de l'élément 97, le Berkelium.

Dans un article de mise au point, Seaborg (1) et ses collaborateurs exprimaient cette année-là leur certitude d'aller plus loin tout en insistant sur les difficultés de séparation de plus en plus grandes dues aux demi-périodes de désintégration de plus en plus courtes que l'on s'attendait à rencontrer.

---

(1) I. PERLMAN et G. T. SEABORG, The synthetics elements, *Scientific American, 182*, 4, 38-47 (1950).

A présent la classification s'étend jusqu'à l'élément 101 toujours grâce aux efforts des savants de Berkeley (2), en collaboration avec les équipes de l' « Argonne National Laboratory » et celles de « Los Alamos Scientific Laboratory ».

Les nouveaux éléments ont souvent été découverts par paires et à intervalles de 5 à 6 ans. C'est ainsi que la découverte des éléments 93 et 94 fut suivie par celle des éléments 95 et 96 et ce n'est qu'au bout de ce même laps de temps que furent découverts les éléments 97 et 98. Ceci s'explique par le fait que chaque nouvel élément a d'abord dû être produit en quantités suffisantes pour permettre les transmutations au stade suivant. En outre les techniques ont dû chaque fois être améliorées.

La découverte et l'identification de ces éléments reposent en partie sur le fait que l'on a eu affaire à des familles aux propriétés chimiques analogues à celles des membres d'une autre famille connue d'éléments naturels. Il s'agit des familles des actinides et des lanthanides dont l'analogie des propriétés chimiques a permis de mettre au point une méthode extrêmement sensible de préparation par échange d'ions, les éléments transuraniens les plus lourds passant les premiers au travers de la colonne échangeuse d'ions, les moins lourds suivant dans l'ordre. Il s'avère ainsi possible de concentrer un élément nouvellement fabriqué. Outre les propriétés chimiques, les propriétés physiques et en particulier les émissions de particules α sont caractéristiques. Il est à présent possible de prédire assez sûrement la demi-période ainsi que l'énergie des particules α émises pour un nouvel élément que l'on cherche à fabriquer. Enfin la fission spontanée et la demi-période de cette fission, qui, elle, est caractéristique de l'atome considéré, a permis certaines confirmations, en particulier en ce qui concerne les éléments 100 et 101.

Examinons de plus près comment furent découverts les éléments 97 et 98, 99 et 100 et enfin le tout dernier, l'élément 101.

Les éléments 97 et 98 furent découverts vers la fin de 1949 et le début de 1950. Leur synthèse a exigé des quantités relativement importantes des deux éléments précédents, 95 et 96, l'Americium et le Curium qui sont fortement radioactifs. L'Americium a été soumis à un bombardement de particules α accélérées à 35 millions d'électron-volts, dans le cyclotron de 60 pouces de Berkeley. Quelques atomes de l'élément 95 sont transmutés en 97 sous la forme de l'isotope 243 dont la demi-période est de 4,6 heures.

L'élément 98 a été fabriqué à partir de l'élément 96, luimême produit à partir de l'élément 95 soumis à un bombardement de neutrons. La transmutation de l'élément 96 en 98 a lieu

(2) A. Ghiorso et G. T. Seaborg - The Newest Synthetic elements, *Scientific American* - *195*, 6, 67-80 (1956).

comme pour l'élément 97 dans le cyclotron de Berkeley, par un bombardement α sous 35 M ev. L'élément fabriqué est l'isotope 248 dont la demi-période de désintégration est de 45 minutes. Il faut signaler que cet élément ne fut identifié que sur une quantité équivalant à quelques 5.000 atomes seulement.

L'élément 97 fut baptisé le Berkelium et l'élément 98 le Californium.

Les éléments 99 et 100 furent découverts lorsque des débris de l'explosion thermonucléaire de novembre 1952, dans le Pacifique, furent rapportés aux laboratoires de l'Argonne National Laboratory et à ceux de Los Alamos. On entreprit alors à Berkeley une séparation par échange d'ions qui conduisit à l'identification des isotopes des éléments 99 et 100.

L'élément 99 fut baptisé l'Einsteinium et l'élément 100 le Fermium. La découverte de l'élément 101 fut de toutes la plus difficile et aussi la plus dramatique. Le plan d'attaque a été de bombarder l'isotope 253 de l'Einsteinium avec un rayonnement de particules α le plus intense possible, toujours dans le cyclotron de Berkeley. Il fut calculé que l'isotope de l'élément 101 devait avoir une demi-période de 10 minutes. Le bombardement d'un milliard d'atomes d'Einsteinium (total de l'échantillon disponible) par les particules α devait durer plusieurs heures et ne devait donner qu'*un seul atome* détectable du nouvel élément. Cet atome unique devait être séparé et identifié dans l'échangeur d'ions en moins de 10 minutes. La chance sourit aux chercheurs de Berkeley quand, au lieu d'enregistrer une émisssion de particules α dans des conditions expérimentales extrêmement difficiles, ils purent assister à des phénomènes de fissions spontanées. Chaque expérience cependant ne devait permettre que la fabrication d'un seul atome de l'élément 101 que le compteur signalait, non sans humour, d'une manière particulièrement originale, le système ayant été branché sur l'avertisseur d'incendie du laboratoire !

L'élément 101 fut ainsi identifié et baptisé Mendélevium en l'honneur de Mendéléev. Il a le nombre de masse 256, sa demi-période est de l'ordre d'une demi-heure ; il se désintègre pour donner l'élément 100, Fermium 256, lequel se désintègre par fission spontanée avec une demi-période de trois heures.

Avec l'élément 101, nous arrivons au terme des éléments de la classification de Mendéléev connus à ce jour. Les spécialistes sont d'accord pour penser qu'il sera possible d'aller plus loin, vraisemblablement jusqu'à l'élément 108. Cependant les demi-périodes deviennent de plus en plus courtes au fur et à mesure que le nombre atomique croît. L'on espère y arriver en substituant au bombardement par les particules α un bombardement par des noyaux d'hélium. Des accélérateurs linéaires sont en construction à l'Université de Californie et à Yale et doivent permettre l'accélération d'ions plus lourds.

Ainsi donc doit continuer cette alchimie moderne qui avance si rapidement et qui trouve toujours dans la classification périodique ce réseau où les éléments nouveaux viennent trouver une place prédestinée et où les groupements par familles permettent de prévoir les propriétés futures des éléments appelés à être découverts

R. Delbourgo.

ERREURS DE LANGAGE EN ART DENTAIRE

« *Tuer le nerf* » est une expression doublement fausse.

D'abord, il ne s'agit pas d'un nerf mais d'un paquet vasculo-nerveux : « *la pulpe dentaire* » qui contient, non seulement des filets nerveux, mais aussi des artérioles, des veinules et même des lymphatiques. Ensuite, on ne « *tue* » pas, mais on procède à l'ablation des filets. C'est la « *pulpectomie* ».

De nombreux praticiens, et non des moindres, procèdent encore à l'extirpation pulpaire par escharification à l'aide de l'acide arsénieux. Mais cette technique présente de nombreux inconvénients : l'action du puissant caustique ne peut pas être contrôlée et peut dépasser la dent. Il en résulte des irritations de la région apicale, qui favorisent la formation de granulomes. Mais souvent l'acide arsénieux fuse et provoque des brûlures qui sont quelquefois graves. On a même cité un cas de fusée arséniacale, jusqu'au médiastin.

C'est pourquoi cette technique est de plus en plus délaissée et remplacée par l'amputation chirurgicale, en une seule séance, à l'aide de l'anesthésie locale, intra ou extra-dentaire, par compression ou par injection.

Les expressions : « *dent morte* » ou « *dent dévitalisée* », « *dent vivante* » qui découlent de l'idée de « tuer le nerf », sont aussi, à rejeter.

Aucun organisme vivant, végétal ou animal, ne tolère la présence d'un tissu ni à plus forte raison d'un organe mort. Lorsqu'une feuille est morte, elle tombe, Lorsqu'un cheveu ou un ongle sont morts, ils tombent. Et lorsqu'un doigt est mort, il faut l'amputer, sinon c'est l'organisme en entier qui meurt. Il ne peut donc pas y avoir chez un être vivant une dent morte, car lorsqu'une dent a perdu sa vitalité, elle est éliminée, ainsi que nous le verrons plus loin.

Il en découle que toutes les dents sont vivantes et, par conséquent, lesdites expressions n'ont pas de sens, car une dent qui n'a plus sa pulpe est aussi vivante que celle qui a conservé cet organe. Il y a des dents « *pulpées* » et des dents « *dépulpées* ».

L'organe vital de la dent n'est pas la pulpe, mais la membrane alvéo-dentaire : « *le périodonte* ».

La pulpe joue un rôle capital lors du développement de la dent. C'est grâce à elle que les racines s'allongent. Enlever la pulpe chez un enfant, dont les racines n'ont pas achevé leur formation, c'est arrêter ce phénomène. Mais dès que la dent a terminé son développement, la pulpe, loin d'être utile, peut devenir nuisible. C'est, en effet, elle qui est responsable de toutes les infections radiculaires et de leurs complications. C'est aussi la pulpe qui est l'agent de la décalcification des dents par voie endogène. D'autre part, on a remarqué que les dents dépourvues de leur pulpe, font rarement une nouvelle carie. A telle enseigne, qu'on est en droit de penser que, si on trouvait le moyen de scléroser préventivement la pulpe, comme on sclérose une veine, on supprimerait toutes les infections d'origine dentaire et leurs complications, toutes les décalcifications dentaires d'origine interne et sans doute, aussi, bon nombre de caries d'origine externe.

Il est, aussi, intéressant d'ajouter que la dépulpation prolonge souvent la durée des dents atteintes de parodontose. Car, on ne le répétera jamais assez, *l'organe vital* de la dent n'est pas, ainsi qu'on le croit généralement, la pulpe, mais le « *périodonte* », cette membrane qui attache la dent à l'os, et par conséquent à la vie. La preuve en réside dans le fait qu'une dent dépourvue de sa pulpe, mais dont le périodonte est intact, continue à fonctionner et par conséquent à vivre, beaucoup plus longtemps qu'une dent qui a conservé son intégrité pulpaire, mais dont le périodonte est atteint, car de ce fait la dent devient mobile et tombe.

Faire un « *plombage* », est aussi une erreur, due à ce que dans les temps anciens on se servait du plomb pour obturer les dents. Le métal utilisé aujourd'hui, qui rappelle le plomb, est en réalité un amalgame fait avec du mercure et un alliage d'argent et d'étain, auquel on incorpore quelquefois de l'or et même du platine. Mais jamais on ne se sert de plomb pour obturer une dent.

Aussi, lorsqu'on parle d'un « *plombage* » en or... !

Il n'existe pas de « *dent vissée* », car on ne s'est jamais servi d'une vis pour faire tenir une dent dans une racine. Mais, « *dent à pivot* » est aussi impropre, car la condition essentielle pour qu'une « *dent à tenon* » tienne, est de l'empêcher de pivoter. C'est Fauchard (1678-1761), que même les Américains reconnaissent comme ayant été le père de l'art dentaire, qui a inventé la « *dent à tenon* » et l'a désignée sous ce nom qu'on a détrôné,

on ne sait pas pour quelle raison, en faveur de celui de « *dent à pivot* ».

La « *couronne en or* » est destinée à reconstituer une dent, en la coiffant de la même façon qu'un couvre-chef coiffe une tête. C'est pourquoi, il est normal de dire « *coiffe* » et non « *couronne* ».

« *Pyorrhée alvéolaire* » ne correspond pas toujours à la réalité. Car pyorrhée, veut dire écoulement de pus, et les troubles qu'on désigne sous ce nom ne sont pas toujours accompagnés d'une sécrétion purulente. Le terme employé actuellement est : « *parodontose* ».

« *Le blanchiment des dents* », n'est pas une expression erronée, mais, pratiquement, elle n'a pas de sens parce que, vouloir, par exemple, blanchir une dent à l'aide d'une pâte dentifrice, est une chose impossible, étant donné que la coloration de la dent dépend exclusivement de celle de l'ivoire, qui est normalement inaccessible du fait que celui-ci est recouvert par l'émail, qui est lui, un tissu translucide. Le brossage des dents enlève les dépôts et les colorations qui se forment à la surface mais ne peut pas modifier la couleur intrinsèque de la dent. Il convient d'ajouter que les dents très blanches sont pauvres en chaux et par conséquent fragiles.

Au yeux du spécialiste, les dents belles sont généralement légèrement jaunâtres parce que riches en chaux et par conséquent de bonne qualité.

Il reste, pour terminer, à traiter non pas d'une erreur de langage, mais d'une erreur tout court, au sujet de la légende concernant « *l'inutilité des dents de sagesse* ».

Parce qu'elles présentent, beaucoup moins souvent qu'on le dit, des anomalies et parce que (du fait qu'à l'âge où elles poussent, la calcification osseuse étant très avancée), les troisièmes molaires rencontrent des difficultés pour sortir, on considère qu'elles sont en voie de dégénérescence et par conséquent appelées à disparaître.

Il s'agit là d'une erreur d'interprétation qu'il importe de combattre.

D'après le Professeur Hovasse, de la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand, l'état physique de l'organisme humain, semble s'être stabilisé depuis les vingt derniers millénaires (1).

D'autre part, ce qui paraît être à peu près certain, c'est que l'évolution de notre organisme se fait avec une lenteur telle, que même si la dent de sagesse devait disparaître, cela ne se ferait ni dans cent ans, ni dans mille ans, ni même probablement dans dix mille ans.

---

(1) *Revue Générale des Sciences Pures et Appliquées*, octobre 1949.

Or, si on examine la question d'une façon objective, on est obligé de reconnaître que, malgré certaines anomalies de forme ou de position, la troisième molaire évolue normalement dans la grande majorité des cas. Et, s'il est vrai que cette dent ne remplit pas toujours parfaitement sa fonction masticatrice, elle est appelée à rendre d'immenses services dans la restauration des arcades dentaires, aussi bien en prothèse fixe qu'en prothèse amovible.

Il ne faut pas oublier, d'autre part, que, dans cet ordre d'idées, la dent de sagesse inférieure est l'une des dents les plus solidement implantées. Enfin, il faut tenir compte du fait que cette molaire forme cale entre toutes les dents de l'arcade et la paroi postérieure du dernier alvéole dentaire, et que sa suppression constitue une cause prédisposante et aggravante de la parodontose.

Pour toutes ces raisons, la dent de sagesse doit être considérée et traitée de la même façon que les autres dents dont elle reçoit les indications et les contre-indications en ce qui concerne l'extraction.

Jacques FILDERMAN,
Professeur à l'Ecole Ondotologique de Paris.



MICROSCOPES DE RECHERCHES
ET
D'ANALYSES POUR LABORATOIRES
(Biologie-Médecine-Industrie)

Microscopes pour métallographie

Microscopes polarisants

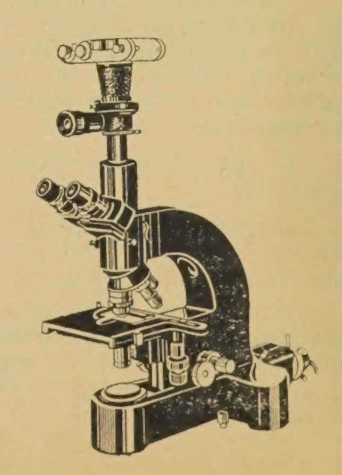
Microprojection

Instruments de mesures et de contrôle

Grands Epidiascopes,

Appareils universels de reproduction

Agent exclusif :
SPÉCIALITÉS TIRANTY
Service Science et Industrie
25, rue de la Pépinière — PARIS



Sur les réactions thermonucléaires induites par la décharge dans les gaz

par Raymond MOCH

Docteur ès-Sciences Physiques

C'est en juin 1954 que « Nucleonics » mentionna pour la première fois le fait que la Commission de l'Energie Atomique des Etats-Unis (U.S.A.E.C.) poursuivait un travail secret relatif à la libération contrôlée de l'énergie thermonucléaire à des fins pacifiques. Il s'agissait là d'une indiscrétion, sans doute soigneusement « contrôlée » elle aussi, mais n'ayant qu'un caractère officieux.

Il en fut autrement lorsque le professeur BHABHA, dans son discours inaugural de la Conférence de Genève, déclara, le 8 août 1955, que l'époque de l'énergie nucléaire de fission risquait d'apparaître à nos enfants comme la préhistoire de l'âge atomique, et qu'il se hasarda à prédire qu'il faudrait moins de vingt ans pour que l'homme contrôle l'énergie thermonucléaire.

Les bouches se délièrent aussitôt. Quelques heures après cette déclaration, l'Amiral STRAUSS, Président de l'U.S.A.E.C., pris à partie par les journalistes sur ce sujet devenu soudain brûlant, demandait un répit pour préparer une déclaration officielle. Celle-ci vint le 3 octobre 1955, et révéla que, depuis 1951, l'activité « principale » de l'U.S.A.E.C. était orientée vers ce problème, mais qu'on ne pouvait encore prévoir le nombre des années qui s'écouleraient avant qu'il soit seulement possible de concevoir une installation prototype. Les crédits annuels affectés à ces recherches, groupées sous le nom codé de « Projet SHERWOOD/, venaient d'être multipliés par un facteur dix, nous disait-on. C'est à ce moment également que furent divulguées les premières indications sur les lieux où se poursuivaient les travaux et sur les hommes qui les dirigeaient. Mais le sujet, en lui-même, demeurait totalement secret, et l'on savait seulement que les Américains se proposaient de réaliser des températures supérieures à cent millions de degrés à l'intérieur d'un récipient dont les parois devaient demeurer relativement froides. En ce qui concernait le contrôle de la réaction et la récupération de l'énergie, on sous-entendait seulement que la solution restait à trouver.

Vers la même époque, on apprenait que la Grande-Bretagne était dans la course, et que la méthode des décharges de courant dans un fil était étudiée à Harwell.

Lorsque la quatrième Conférence Annuelle sur les Applications Industrielles de l'Energie Atomique se tint à New York à la fin d'octobre 1955, le Professeur Smyth, sous un titre pourtant prometteur, s'en tint à des généralités extrêmement vagues, et aucun Américain ne voulut assumer la responsabilité du premier exposé public un peu détaillé sur les applications pacifiques possibles de l'énergie thermonucléaire. Ce fut le Professeur Thirring, Directeur de l'Institut de Physique Théorique de Vienne, qui s'en chargea, avec autorité d'ailleurs. Il devait apparaître ultérieurement toutefois que les considérations développées par Thirring, et reprises par lui dans « Nucleonics » en novembre 1955, représentaient un stade ancien des spéculations en ce domaine, et que certaines de ses conclusions, comme nous le verrons, avaient été mises en doute depuis longtemps. Mais le sujet avait acquis peu à peu une place de choix dans l'actualité, et la grande presse commençait à s'en emparer, sans que cela en améliorât, à vrai dire, la compréhension...

C'est le 25 avril 1956 que l'académicien soviétique Kourchatov fit éclater sa célèbre bombe pacifique. Accompagnant en Grande-Bretagne les dirigeants de son pays, il fit spontanément à Harwell, devant les physiciens britanniques astreints à un secret rigoureux et stupéfaits de son audace, une conférence très documentée sur les expériences thermonucléaires réalisées dans les laboratoires de l'Académie des Sciences de l'U.R.S.S. sous la direction de plusieurs membres de cette institution, et qui mettaient en jeu des décharges électriques oscillantes à travers des plasmas gazeux. On apprenait ainsi que Sakharov et Tamm avaient suggéré dès 1950 la méthode d'isolement thermique par voie magnétique, que les travaux théoriques étaient dus à Leontovich, et que les expériences elles-mêmes avaient été entreprises en 1952 sous la responsabilité d'Artsimovich. Les travaux auxquels Kourchatov se référait ont été publiés depuis. Il faut d'ailleurs noter que ses conclusions, ou tout au moins celles qu'il nous a livrées, laissent peu d'espoir d'atteindre le but par la voie qu'il a décrite...

Cette avance soviétique indéniable dans le domaine de la « déclassification », et même de la publicité, ne pouvait laisser les Américains indifférents. Dès juillet 1956, Post publiait dans « Review of Modern Physics » un article de vingt-quatre pages, qui constituait un résumé d'ensemble du problème et, vraisemblablement, un aperçu discret des principales voies d'approche explorées aux Etats-Unis. Le rôle de porte-parole quasi officiel que Post assumait nettement à cette occasion ne confère que plus de valeur aux très nombreuses considérations qu'il énumère, et qui permettent enfin d'esquisser un exposé sommaire, mais cohérent, du problème, dont les révélations de Kourchatov permettent de préciser certains chapitres.

Au point de vue historique, Post nous apprend que les difficultés théoriques furent abordées avant même la fin de la guerre, entre autres par Teller, Fermi et Tuck, à Los Alamos. En 1951, leurs conclusions étaient déjà utilisées sur le plan expérimental par Tuck,

qui était à la tête du programme Sherwood, toujours à Los Alamos. Au début de 1951 également, l'astrophysicien Spitzer, de Princeton, qui n'était pas au courant des travaux secrets que nous venons de mentionner, conçut un autre moyen de s'attaquer au problème du réacteur à fusion ; l'U.S.A.E.C. lui accorda son appui, donnant ainsi naissance au projet Matterhorn, à Princeton. Peu de temps après, York, à Berkeley, suggéra différentes idées nouvelles qui lui avaient été inspirées par les travaux de Los Alamos et de Princeton, et qui furent étudiées au point de vue expérimental sous la direction de Post, tandis que York lui-même mettait sur pied le laboratoire de Livermore.

En juin 1952, une réunion secrète sur les réactions thermonucléaires contrôlées fut organisée à Denver par la Direction des Recherches de l'U.S.A.E.C. sous la présidence de Teller. Un inventaire des espoirs et des difficultés techniques fut dressé, tandis que s'amorçaient la coordination et le développement des travaux sous l'égide de la Direction des Recherches. De nombreuses réunions eurent lieu depuis, et le projet Sherwood est maintenant supervisé par un comité scientifique groupant Teller, Tuck, Spitzer et Brobeck, et est dirigé par Bishop. Outre les centres déjà cités (Los Alamos, Princeton et Livermore), les laboratoires d'Oak Ridge et de New York University participent aux recherches.

Depuis cet article de Post, qui reprend sans doute l'inventaire initial des promoteurs du projet Sherwood, les autorités américaines ont autorisé, comme Smyth le réclamait avec vigueur dès 1955, la publication de nombreux documents jusque là secrets, comme, par exemple, en octobre 1956, celle d'un épais rapport de Los Alamos sur le comportement des gaz ionisés.

Récemment enfin, on a eu vent d'expériences préliminaires fort intéressantes, faites en France dès 1952, par Ertaud et Meunier, sur les décharges électriques intenses dans des fils conducteurs imprégnés de matière fusible. Du côté britannique, la discrétion semble toujours à l'ordre du jour ; l'indication la plus précise est sans doute celle que Kourchatov fournit à ses auditeurs britanniques lorsqu'il fit état à Harwell des travaux sur la décharge dans les gaz conduits par Kraggs.

Et il serait injuste de terminer cette introduction historique sans rappeler les essais qui valurent jadis une certaine notoriété et quelques désagréments à Richter en Argentine... Il est malheureusement difficile, encore maintenant, de faire la part de la légende et des mérites scientifiques de ce précurseur qui, selon certains, aurait abordé la question dès 1942.

I. Généralités sur l'énergie nucléaire libérée par fusion

a) *Fusion et fission.*

1. — Il semble qu'une certaine confusion préside déjà à l'emploi du mot « thermonucléaire » ; c'est le cas notamment, à notre avis, quand on le trouve opposé, même implicitement, au terme « nucléaire »,

comme dans l'expression « énergie thermonucléaire ». Nous verrons en effet, que l'adjectif « thermonucléaire » caractérise davantage, en définitive, le moyen mis en œuvre pour déclancher une réaction que cette réaction elle-même.

Il nous semblerait donc plus logique, dans l'étude des phénomènes que nous allons décrire, de mettre l'accent sur la notion de « fusion », définie comme cette combinaison de plusieurs noyaux qui donne naissance à un noyau plus lourd que l'un quelconque des corpuscules initialement présents. Cette définition, certes, se trouve parfois en défaut, et notamment dans bien des cas courants, du fait de l'anormale stabilité de certains noyaux légers, et en tout premier lieu de la particule alpha. Mais elle a l'énorme mérite de souligner la différence entre fusion et fission, ce dernier terme s'appliquant à une réaction produisant deux noyaux nettement plus légers que le noyau initial unique, et donnant lieu à l'émission de particules analogues à celles qui ont contraint ce noyau initial à changer d'aspect.

2. — Une question se pose d'emblée : comment se fait-il que l'on puisse libérer de l'énergie aussi bien par fusion que par fission ?

La réponse est immédiate si l'on se rappelle que la courbe qui donne l'énergie de liaison par nucléon en fonction du nombre de masse (fig. 1) met en évidence un maximum de stabilité pour les valeurs moyennes du nombre de masse, si bien que l'on peut grossièrement dire qu'il y a libération d'énergie chaque fois qu'on se rapproche des masses moyennes, soit que l'on parte des masses lourdes, soit que

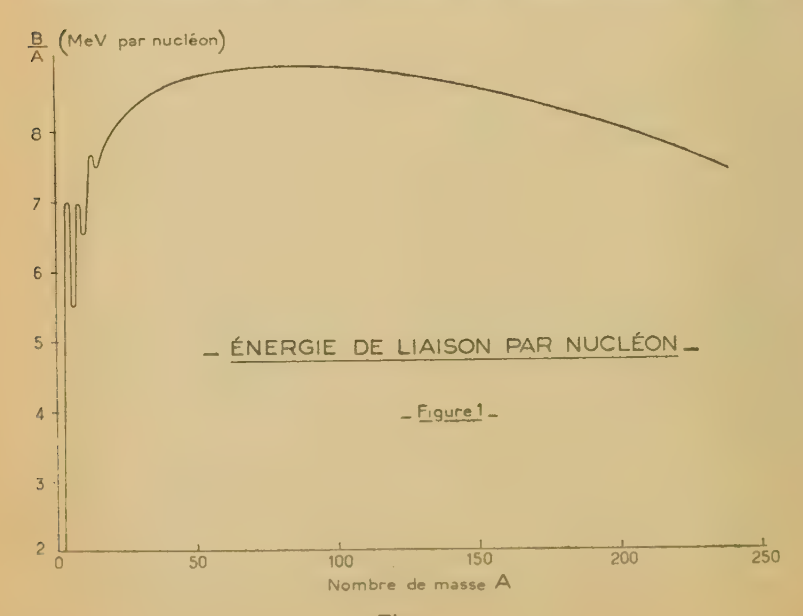


Fig. 1

l'on parte des masses légères. En poussant à l'extrême, on trouverait que la fission d'un noyau de masse 240 en deux noyaux identiques libérerait environ 240 MeV, alors que la fusion de 120 deutérons, donnant naissance aux deux mêmes noyaux finals de masse 120, libérerait plus de 1.800 MeV.

Malgré son caractère superficiel, cet exemple indique clairement l'intérêt des réactions de fusion dès lors que l'on songe à la production d'énergie. Nous verrons plus loin que la densité de puissance disponible au sein d'un système thermonucléaire est proprement stupéfiante.

3. — Mais, du point de vue économique et historique, d'autres considérations viennent encore souligner cet intérêt.

Il est à peine besoin de rappeler ici que les réserves de combustibles conventionnels du globe ont toutes chances d'être épuisées entre les années 2020 et 2100. Les réserves de combustibles fissibles sont actuellement évaluées à 25 fois ces réserves conventionnelles, si bien qu'elles pourraient fournir à l'humanité quelques décades d'énergie au taux où l'énergie sera consommée dans cent ans. Mais, si l'on considère ce même taux de consommation, et le seul deutérium présent dans les océans, on s'aperçoit que les réserves d'énergie thermonucléaire peuvent satisfaire les besoins des hommes pendant des milliards d'années. Et l'on peut signaler au passage que le prix du combustible participerait de façon presque insignifiante au prix du kilowatt-heure thermonucléaire.

Par ailleurs, l'installation de quelques centaines de milliards de kilowatts nucléaires au cours du siècle qui vient se traduira par la fabrication massive de produits de fission à vie longue, solides ou gazeux, dont l'activité sera de l'ordre de 10^{13} curies pour la production d'un an, ce qui posera de redoutables problèmes sur le plan pratique, alors que les déchets radio-actifs des centrales thermonucléaires seront négligeables.

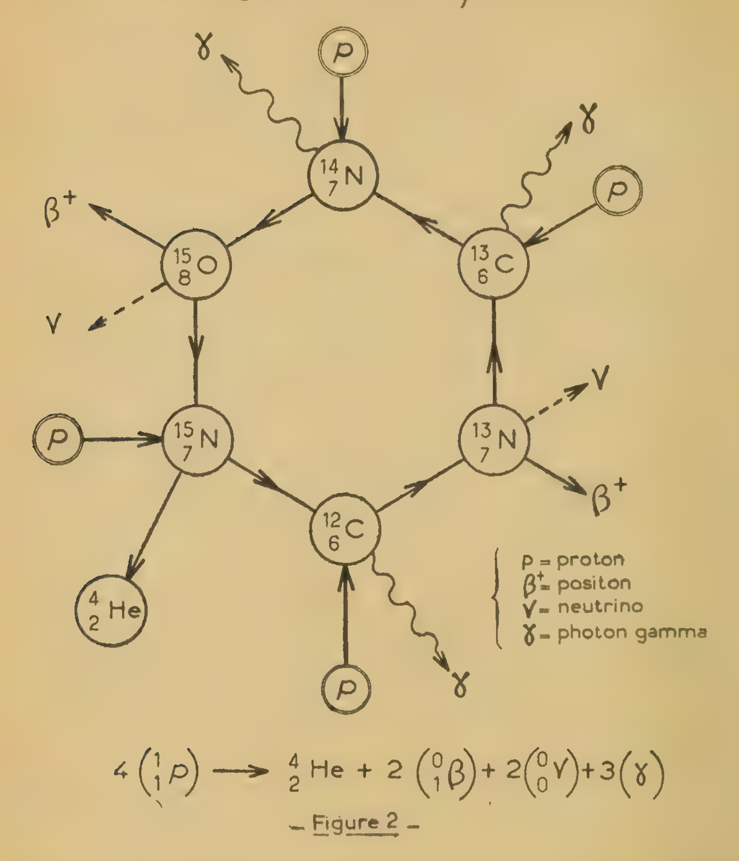
4. — Notons, pour en terminer avec ces préambules, que l'énergie de fusion n'est encore qu'une étape, puisque, ici encore, c'est le défaut de masse et non la masse elle-même qu'on transforme en énergie utilisable.

b) *Production d'énergie dans le soleil.*

Le premier processus autoentretenu, susceptible de fournir de l'énergie à partir de réactions de fusion, que l'on ait envisagé, est le cycle du carbone qui a été proposé par Bethe et Weizsacker pour expliquer l'origine de l'énergie solaire (fig. 2).

Sous l'action catalytique d'un noyau de carbone qui se retrouve à la fin de la réaction, quatre noyaux d'hydrogène sont transformés en un noyau d'hélium, à l'issue d'un cycle parcouru en 1 million d'années environ.

Ce processus qui, très vraisemblablement, trouve place à l'intérieur de certaines étoiles ne peut cependant être transposé à l'échelle



$$4\left({}^{1}_{1}p\right) \longrightarrow {}^{4}_{2}He + 2\left({}^{0}_{1}\beta\right) + 2\left({}^{0}_{0}\nu\right) + 3(\gamma)$$

— Figure 2 —

du laboratoire ou de l'usine, car il suppose qu'on dispose d'un fourneau de dimensions gigantesques porté à la température de l'Enfer. Si l'on considère, en effet, l'énergie libérée dans ce cycle, on constate qu'elle est ridiculement faible, une fois qu'on la rapporte à l'unité de masse de la matière présente. Car l'énergie solaire, dont la seule fraction reçue sur la terre en un an apporte aux hommes 10.000 fois plus d'énergie que l'ensemble des sources commercialisées qu'ils ont exploitées en 1950, est fabriquée au taux infime de 2 ergs par gramme et par seconde, c'est-à-dire à un taux très inférieur à celui qui règne dans la flamme d'une chandelle. Mais ce résultat est moins surprenant si l'on se rappelle, outre cette puissance spécifique très faible, le fait que chaque centimètre carré de la surface rayonnante sert de voie d'écoulement à l'énergie produite dans 33.000 tonnes de matière.

Mais on conçoit aussi qu'un tel dispositif cesse de fonctionner dès qu'on le réduit à l'échelle humaine.

c) *Réactions de fusion.*

1. — Nous ne pouvons donc espérer fabriquer de l'énergie thermonucléaire qu'à la condition d'atteindre un taux de production spécifique de l'énergie beaucoup plus élevé que celui du soleil. Ceci n'est pas impossible, car nous avons à notre disposition tout un arsenal de réactions de fusion exothermiques.

Notons tout de suite que l'addition de neutrons à des noyaux pour produire des noyaux plus lourds ne nous mènerait à rien, car nous nous écarterions rapidement des noyaux les plus stables, alors que nous souhaitons justement fabriquer des noyaux de plus en plus stables. Il faudra donc que nous augmentions simultanément le nombre de masse et le numéro atomique, c'est-à-dire que nous ayons recours à des projectiles chargés. Mais ceux-ci devront parvenir à franchir la barrière coulombienne du noyau, si bien que, même si la réaction est exothermique, il faudra fournir au projectile une certaine énergie pour qu'il puisse lui donner naissance.

Comme la répulsion coulombienne croît avec les numéros atomiques du noyau initial et du projectile, nous nous limiterons aux cas où Z est inférieur ou égal à 3, c'est-à-dire aux isotopes de l'hydrogène, de l'hélium et du lithium. L'énergie à fournir au projectile ne dépasse pas alors quelques keV ou quelques dizaines de keV.

2. — Cependant, si l'on se contentait de bombarder une cible avec un faisceau de particules accélérées aux énergies que nous venons de considérer, le résultat cherché ne serait pas atteint en fait, car la plus grande partie de l'énergie cinétique du faisceau incident serait transférée aux électrons périphériques des atomes de la cible, et l'énergie dont on pourrait disposer pour la fusion elle-même ne serait que le dix-millième ou le cent-millième de l'énergie nécessaire.

Mais les astro-physiciens nous ont habitués à considérer des milieux dans lesquels l'ensemble de la matière présente est porté à une température cinétique telle que les collisions mutuelles produisent un taux substantiel de réaction entre les noyaux.

N'oublions pas, en effet, qu'à l'exception d'une petite région qui nous est d'ailleurs chère, l'Univers est à l'état de plasma, c'est-à-dire qu'il a l'aspect d'un gaz totalement ionisé, dans lequel électrons libres et ions sont présents en nombre égal. L'étude de la dynamique de ces plasmas a reçu beaucoup d'attention, dans les dernières années, de la part des physiciens et astro-physiciens, et l'on peut penser que le déclassement des secrets thermonucléaires fera apparaître des résultats nouveaux très nombreux dans ce domaine.

3. — Dans de tels plasmas, les pertes par ionisation, prépondérantes quand on utilise un accélérateur, deviennent négligeables, et l'on peut donc espérer, sous certaines conditions que nous envisagerons plus loin, se trouver en face d'un bilan énergétique globalement positif.

Au point de vue pratique, l'énergie nécessaire au franchissement des barrières de potentiel devra être cédée aux particules en augmentant l'agitation thermique du milieu ; c'est-à-dire que l'on devra communiquer à la masse gazeuse des températures moyennes de l'ordre de quelques centaines de millions de degrés, dans le cas des noyaux très légers et si l'on veut se placer dans la région où les rendements sont déjà appréciables, puisqu'une température cinétique de 10^7 degrés Kelvin correspond à une énergie moyenne de 0,86 keV pour les particules. Dans le cas des noyaux plus lourds dont les barrières de potentiel sont plus difficiles à traverser, les températures moyennes devraient rapidement dépasser le milliard de degrés.

4. — Les réactions les plus courantes qui font intervenir les noyaux légers sont rassemblées dans le tableau de la figure 3. En fait, nous n'envisagerons guère dans la suite que les réactions D-D et D-T,

Fig. 3

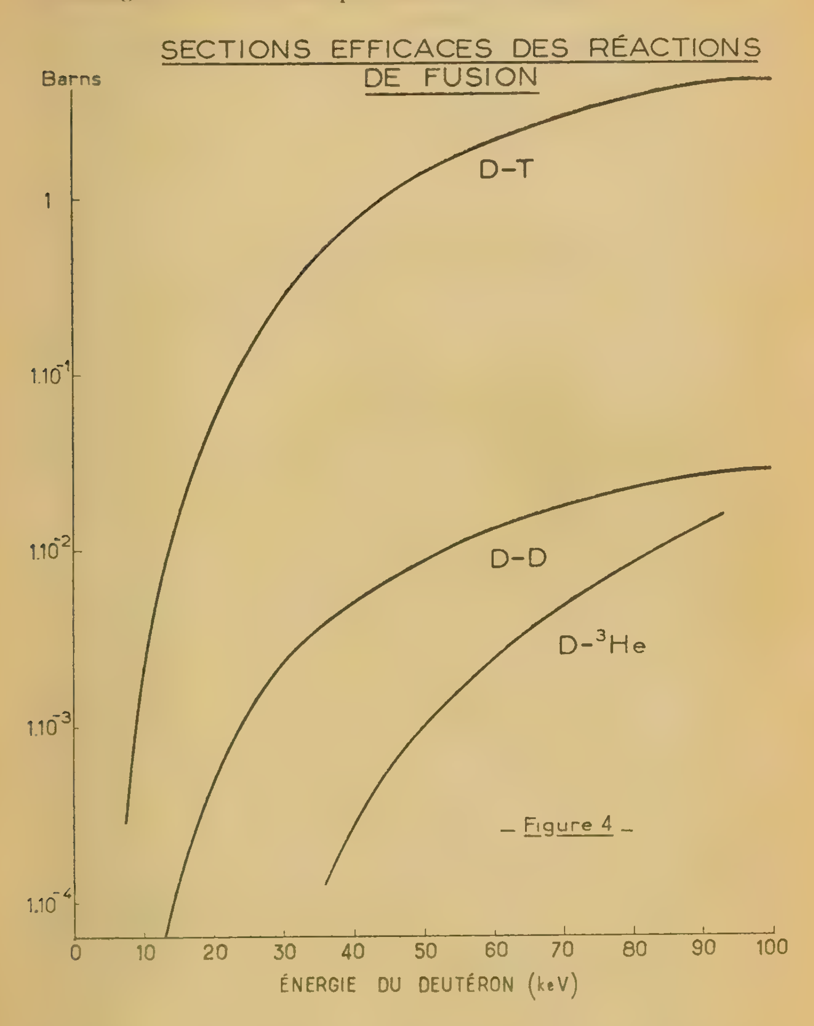
Principales réactions des noyaux légers

	Réaction	Energie libérée (MeV)	Seuil approximatif
(1)	D (d,n) ^3He	+ 3,28	10 keV
(2)	D (d,p) T	+ 4,0	10 keV
(3)	T (p,γ) ^4He	+ 19,7	
(4)	T (d,n) ^4He	+ 17,6	≲ 10 keV
(5)	T (t,α) 2n	+ 11,3	
	T (p,n) ^3He		1,0 MeV
	T (t,2n) ^4He		~ 0
	^3He (d,p) ^4He	+ 18,3	36 keV
(6)	^6Li (n,α) T	+ 4,8	faible
(7)	^6Li (p,α) ^3He	+ 4,0	
(8)	^6Li (d,α) ^4He	+22,4	200 keV
	^6Li (d,p) ^7Li		250 keV
(9)	^7Li (p,α) ^4He	+ 17,3	
(10)	^7Li (p,γ) ^8Be	+ 17,2	
(11)	^7Li (d,α) ^5He	+ 14,2	
(12)	^7Li (d,n) ^8Be	+ 15,0	
	^7Li (d,p) ^8Li		400 keV
	^7Li (p,n) ^7Be		1,88 MeV

qui supposent un combustible thermonucléaire composé de deutérium pur ou d'un mélange deutérium-tritium. Il serait indiqué pourtant d'y joindre la réaction D-^3He qui, comme la réaction D-T, dégage une énergie considérable, de l'ordre de 18 MeV, et qui, comme elle, admet comme composantes de son mélange combustible l'un des produits des réactions D-D et le combustible même des réactions D-D. Si bien que ces quatres réactions sont étroitement associées, et conduisent finalement de deux manières différentes à la synthèse de la particule alpha à partir du deutéron suivant le schéma global

$$3\,D \rightarrow {}^4He + n + p \quad + 21{,}6 \text{ Mev}$$

Avant de quitter la figure 3, admettons encore qu'elle fournit sans doute l'une des explications de l'effort publicitaire, gigantesque et incongru, des industries productrices de lithium.



— Figure 4 —

5. — En ce qui concerne les sections efficaces (fig. 4), on peut dire que les deux réactions D-D se produisent avec des probabilités à peu près égales, et que la réaction D-T est 100 à 200 fois plus probable pour une énergie relative des particules comprise entre 20 et 100 keV.

Ces sections efficaces ont été mesurées aux basses énergies. Mais, comme l'indique la figure 4, leurs valeurs n'ont pas été publiées pour

des énergies du projectile inférieures à 7 keV. Bien que la mesure soit alors délicate, on doit tenir pour certain qu'elle a été faite dans plusieurs pays. Monsieur Magnan, au Collège de France, l'a reprise sous le seul angle de la recherche fondamentale, et il espère être bientôt en état d'en publier les résultats pour des énergies descendant jusqu'à 2 keV.

On notera au passage sur la figure 4 l'influence nette de la barrière coulombienne.

II. Amorçage, entretien et controle des réactions de fusion

Le passage de la fission à la fusion va nous obliger à dissocier deux notions qui sont à peu près confondues dans le domaine des réacteurs nucléaires conventionnels : les notions d'amorçage et d'entretien de la réaction en chaîne. Une réaction de fission s'amorce et s'entretient spontanément dès que les conditions de masse critique sont remplies. Dans le cas de la fusion, au contraire, l'obligation d'amener le système à très haute température est une condition préalable à tout espoir de voir la réaction s'entretenir, et l'on doit imaginer un moyen extérieur de réaliser cette haute température, même si elle se maintient ensuite spontanément. Comme dans un moteur à explosions, il faut prévoir un « démarreur », et nous allons envisager sommairement ce point.

a) *Amorçage des réactions thermonucléaires.*

1. — Il est de notoriété publique que les premières réactions thermonucléaires n'ont pas été réalisées au sein d'un plasma, mais, vraisemblablement, dans un milieu de forte densité composé de deutérium et de tritium, ou de deutérium pur.

Du fait que les seules températures de l'ordre du million de degrés qui avaient alors été observées à la surface de la terre étaient celles qui avaient été provoquées par l'explosion de bombes atomiques classiques, la première réalisation pratique fut obtenue en utilisant l'une de celles-ci comme « détonateur » et en l'entourant d'une couverture fusible. Pendant une fraction de microseconde, l'explosion de la bombe atomique élève la température du centre du système jusqu'aux quelques centaines de millions de degrés pour lesquels les deutérons de la couche la plus interne de la couverture reçoivent assez d'énergie pour réagir les uns avec les autres. Chaque réaction libère en moyenne une énergie de 3,6 MeV, qui est emportée par les produits de la réaction.

L'énergie emportée par les neutrons sera, de toutes façons, perdue, sauf si elle donne naissance à des fissions dans un milieu approprié, et il est probable que ceci est le cas dans les bombes à hydrogène des types les plus récents (bombes à « fission-fusion-fission »). Quant à l'énergie des particules chargées, elle n'est, comme nous le verrons, qu'en partie récupérée par les deutérons qui réagiront ultérieurement, si bien que, au total, le rendement thermique est très mauvais.

De toutes manières, l'entretien de la réaction ainsi amorcée ne se poursuit que pendant un temps très court, ne serait-ce qu'en raison de la violence de l'explosion qui, éparpillant la matière, met fin très rapidement à l'existence des conditions d'entretien.

Si l'on était capable d'éviter cet éparpillement de la matière au cours d'une explosion thermonucléaire, de préférence à échelle réduite, on pourrait aboutir à un système pulsé, c'est-à-dire, au cas où l'on saurait aussi récupérer l'énergie libérée, à une sorte de « moteur à explosions ». Nous verrons qu'une telle conception constitue d'ailleurs l'un des aboutissements logiques possibles de la théorie de l'entretien d'une réaction de fusion dans un plasma.

Au point de vue pratique, il est probable que la première bombe à hydrogène, celle qui fit l'objet, aux Etats-Unis, de l'opération GREENHOUSE en mai 1951, était du type deutérium-tritium.

Elle fut « perfectionnée » en 1952-1953, quand on fit appel aux réactions deutérium-lithium, l'U.R.S.S. étant sans doute le premier pays à avoir utilisé du lithium isotopiquement enrichi.

2. — A côté de cette méthode violente d'amorçage, d'autres moyens ont été envisagés. Nous parlerons en détail de la méthode utilisant la décharge dans les plasmas. Et nous aurions aimé pouvoir évoquer ici les tentatives d'amorçage par décharge à travers des fils métalliques, qui ont retenu l'attention dans divers pays, et notamment en France, mais ce sujet échappe un peu au cadre de cet exposé, déjà trop long par ailleurs. Il est probable, au demeurant, que le Commissariat à l'Energie Atomique autorisera bientôt la publication des intéressantes expériences faites en 1952 par MM. ERTAUD et MEUNIER, et peut-être aussi d'expériences plus récentes. Quant aux travaux soviétiques, ils ont fait l'objet d'un article détaillé daté de septembre 1954.

Mais il ne semble pas que la décharge à travers les fils ait permis de dépasser une température de 100.000 degrés, qui n'équivaut, après tout, qu'à une énergie moyenne de quelques électron-volts pour les noyaux intéressés. Cependant, la possibilité de faire apparaître des « points chauds » le long du fil mérite d'être étudiée de plus près.

Parmi les autres méthodes, sur lesquelles on manque d'ailleurs de précisions, il faut encore citer l'amorçage au moyen d'explosifs chimiques, mais ici encore les températures doivent demeurer beaucoup trop faibles.

Quant à l'amorçage par faisceau de particules accélérées, il semble, malgré ce que nous en avons dit, qu'il ait fait l'objet d'essais, au moins au laboratoire de LIVERMORE, en Californie, car on conçoit mal sans cela quel serait l'objet de son accélérateur à faisceau linéaire géant de 250 mA, fournissant des protons de 3,6 MeV et des deutérons de 7,8 MeV.

b) *Entretien des réactions thermonucléaires au sein d'un plasma.*

1. — La possibilité qu'une réaction de fusion s'entretienne elle-même résulte du fait que l'énergie nécessaire au franchissement de

la barrière de potentiel est très inférieure à l'énergie libérée par la réaction.

Comme nous l'avons vu, les sections efficaces atteignent leur valeur maximale pour des projectiles ayant environ 100 KeV, alors que les énergies libérées dans les diverses réactions sont comprises entre 3 et 20 MeV, si bien que le rendement énergétique en l'absence de pertes est franchement positif.

En admettant que les sections efficaces elles-mêmes soient suffisantes, le problème est donc que l'énergie libérée soit bien utilisée, c'est-à-dire que quelques pour-cent au moins de cette énergie doivent être acquis par une particule susceptible de réagir et conservés par elle jusqu'à l'instant où elle rencontrera l'autre particule avec laquelle elle est destinée à réagir.

2. — Considérons le cas des deux réactions D-D, et supposons qu'on se propose d'entretenir une réaction de fusion dans un plasma formé uniquement à partir de deutérium pur, donc comprenant initialement des deutérons et des électrons en nombres égaux.

Toutes les fois qu'une réaction D-D de chaque type aura eu lieu, les différents produits de la réaction se répartiront l'énergie dégagée de la manière suivante :

le noyau de tritium :	1,0 MeV ;
le noyau d'hélium -3 :	0,8 MeV
le proton :	3,0 MeV ;
le neutron :	2,45 MeV.

Le neutron quittera presque sûrement le champ de la réaction et son énergie sera donc définitivement perdue, si bien que, en fait, l'énergie utilisable moyenne libérée dans une réaction sera ramenée de 3,6 MeV à 2,4 MeV, si bien que le tiers environ de l'énergie est déjà perdu.

Dans le cas d'une réaction D-T, la perte est encore plus sensible, puisque le neutron emporte environ 80 % de l'énergie, et l'on ne peut espérer récupérer plus que les 3,6 MeV emportés par la particule alpha.

3. — C'est cette fraction de l'énergie emportée par les particules chargées dont il faut considérer avec soin le sort futur, sans oublier que ces particules chargées diffèrent des composantes initiales du plasma ionique.

Une première éventualité est que la particule chargée produite dans la réaction soit elle-même susceptible d'interagir avec un noyau présent dans le plasma, comme peut le faire le triton de 1 MeV libéré par la réaction D-D au sein du plasma de deutérium, et qui peut donner lieu à une réaction D-T. Mais l'hypothèse la plus vraisemblable est celle des chocs coulombiens sur les noyaux de deutérium et sur les électrons, chocs qui ont pour effet d'élever la température des ions et celle des électrons. Les deutérons qui auront ainsi gagné de l'énergie

pourront à leur tour la recéder à des ions ou à des électrons, mais ils pourront aussi donner un choc réactif, dans la mesure où leur température individuelle leur permettra de franchir la barrière de potentiel. Une dispersion d'énergie du même genre se produira à partir des électrons qui auront acquis de l'énergie, à ceci près qu'ils seront en outre susceptibles de rayonner et qu'ils seront, à ce titre, responsables des pertes globales d'énergie par rayonnement.

Tout cela suppose, bien entendu, que les particules chargées elles-mêmes ne s'échappent pas du champ de la réaction en emportant leur énergie, et c'est là une des difficultés maîtresses du problème puisqu'elle sous-entend l'existence d'une enceinte, matérielle ou virtuelle, susceptible de contenir un plasma porté à une température de l'ordre du milliard de degrés.

4. — Du fait que nous avons déjà réduit l'énergie emportée par les neutrons, tout se passe comme si l'on avait une source d'énergie diffuse à l'intérieur d'un plasma ionique en équilibre, lequel échangerait de l'énergie avec un plasma électronique également en équilibre qui, à son tour, émettrait un rayonnement électro-magnétique.

Si la réaction est déjà amorcée, cette source fournit d'une part l'énergie perdue par rayonnement, d'autre part l'énergie qui pourra être récupérée pour utilisation et qui, sans cela, continuera d'élever la température du plasma si celui-ci est maintenu dans une enceinte. Dès lors, la condition d'entretien est simplement que la puissance P_F rendue disponible dans le plasma par fusion l'emporte sur la puissance rayonnée P_R.

c) *Production spécifique d'énergie au sein du plasma.*

1. — Si l'on admet que le plasma est en équilibre (et sous réserve que cette notion ait elle-même un sens), on exprime facilement la puissance disponible par unité de volume au sein d'un plasma composé d'ions de types 1 et 2 et d'électrons. Cette densité de puissance est de la forme :

$$p = n_1 n_2 < \sigma v_{12} >_{\text{moyen}} W_{12}$$

Dans cette formule, n_1 et n_2 sont les densités d'ions des deux types susceptibles d'interagir, σ est la *section efficace d'interaction*, v_{12} est la vitesse relative des deux particules, et W_{12} l'énergie libérée dans une réaction individuelle.

La difficulté est qu'on doit introduire une valeur moyenne du produit σv_{12}, puisqu'il n'existe pas une vitesse relative unique, mais une distribution de vitesses relatives ; la section efficace, elle-même fonction de la vitesse relative, n'est pas non plus une constante.

Si les deux ions sont identiques, comme dans la réaction D-D, la densité de puissance devient :

$$p = \frac{1}{2} n^2 < \sigma v >_{\text{moyen}} W$$

La résolution peut être poussée plus loin si l'on a le droit d'admettre une répartition maxwellienne pour les vitesses et une expression analytique pour la section efficace, comme c'est le cas aux basses énergies, disons en-dessous de 50 keV. On arrive alors, pour la réaction D-D, à l'expression suivante :

$$< \sigma\, v_{DD} >_{moyen} = 260 \,.\, 10^{-16} \,.\, T^{-2/3} \,.\, e^{-18{,}76\, T^{-1/3}}$$

dans laquelle T est exprimée en KeV. La courbe représentative offre naturellement beaucoup d'analogies avec la courbe expérimentale des sections efficaces.

Si les deux noyaux initiaux sont différents, l'expression de $< \sigma\, v >_{moyen}$ se complique.

Remarquons au passage qu'aux très faibles températures, inférieures à 5 KeV par exemple, un rôle prédominant est joué par les quelques particules dont l'énergie est très supérieure à l'énergie moyenne, cela étant dû à la très forte pente dans cette région de la courbe des sections efficaces.

2. — Précisons quelque peu le problème en supposant que nous placions maintenant dans la région où les sections efficaces dépendent peu de la température, par exemple pour une énergie moyenne de particules de 100 KeV. On aboutit alors aux densités de puissance globale suivantes :

— pour la réaction D-D, et en tenant compte de l'égale probabilité des réactions (1) et (2) :

$$P_{F_{DD}} = 9 \,.\, 10^{-30}\, n_D^2 \text{ watts/cm}^3$$

— pour la réaction D-T, c'est à dire dans le cas d'un mélange par moitiés de deutérium et de tritium, et en négligeant la réaction D-D annexe qui est 200 fois moins probable :

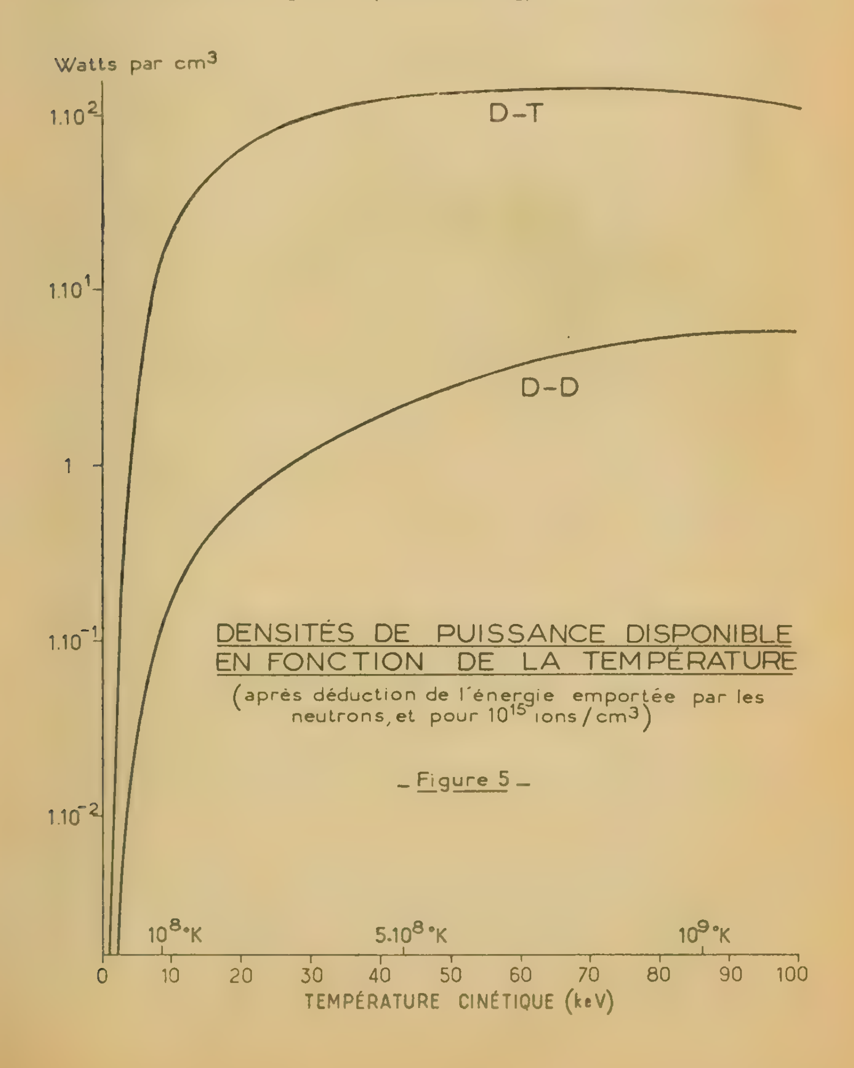
$$P_{F_{DT}} = 22{,}6 \,.\, 10^{-28} \,.\, n_D\, n_T \text{ watts/cm}^3$$

La figure 5 indique comment varient en fonction de la température les densités de puissance des réactions D-D et D-T pour une densité totale de 10^{13} particules par cm^3 lorsque la température cinétique varie de 0 à 100 keV.

La figure 6 indique la variation de la densité de puissance en fonction de la variation de densité des deutérons pour une température de 100 keV, c'est-à-dire de l'ordre de 1 milliard de degrés.

3. — Cette dernière figure appelle des commentaires assez surprenants. Quel que soit le moyen, par exemple, envisagé dans le futur pour récupérer l'énergie dégagée au sein d'un plasma par une réaction de fusion, et même sans doute si l'on arrive à supprimer tout intermédiaire thermodynamique, il est très vraisemblable que des considérations purement pratiques imposeront une limitation de la densité de puissance. Bien que les problèmes soient extrêmement différents, on peut faire l'hypothèse hardie que la limite sera du même ordre que dans un réacteur nucléaire classique, où elle est fixée par

la quantité maximale de chaleur que l'on sait évacuer. Si l'on se rappelle que la centrale britannique de Calder-Hall, récemment mise en service, a une puissance thermique de 23 watts par centimètre-cube d'uranium naturel, on peut envisager comme vraisemblable un ordre de grandeur de 100 watts/cm³. On constate alors qu'un réacteur thermonucléaire qui fonctionnerait au voisinage de 1 milliard de degrés utiliserait un plasma dont la densité ionique correspondrait au dix-millième ou au cent-millième de la densité atmosphérique normale, c'est-à-dire qu'un tel réacteur utiliserait comme combustible... un vide assez poussé (10^{-2} mm Hg).

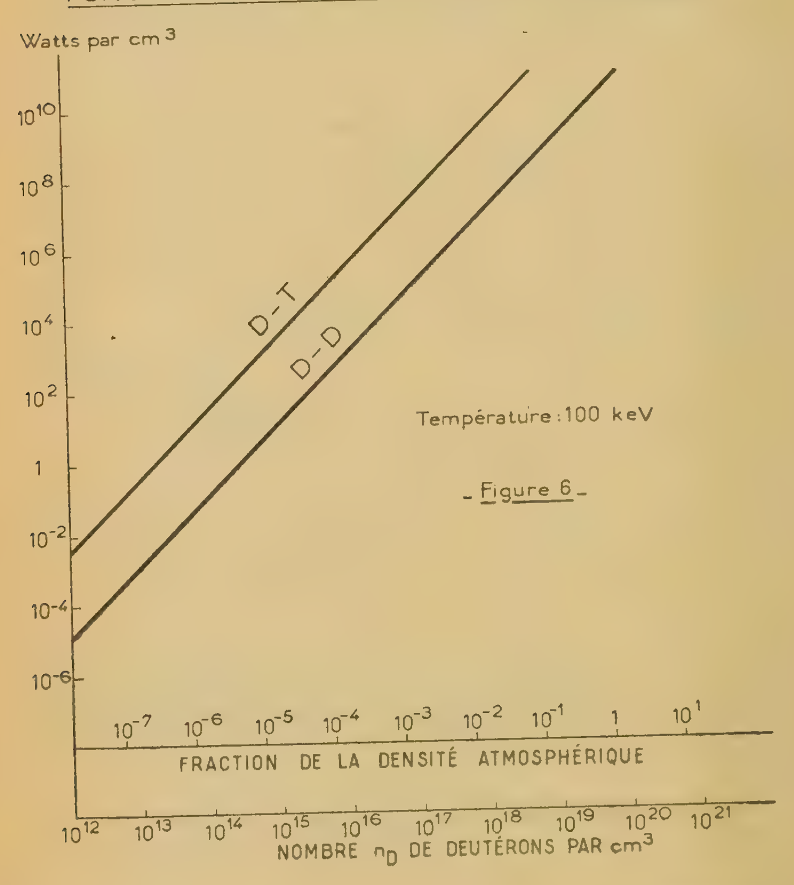


DENSITÉS DE PUISSANCE DISPONIBLE EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

(après déduction de l'énergie emportée par les neutrons, et pour 10^{15} ions / cm³)

– Figure 5 –

Inversement, si l'on pouvait envisager, même comme une simple vue de l'esprit, un réacteur thermonucléaire opérant au voisinage de la densité atmosphérique normale et de la même température de 1 milliard de degrés, ce réacteur utiliserait moins de 0,1 cm³ de deutérium pour fournir une puissance de 500.000 kilowatts, comparable



- Figure 6 -

à celle des centrales thermiques qui alimentent la région parisienne. Il est honnête cependant d'ajouter que ce dixième de centimètre-cube exercerait sur les parois du système une pression de 10.000.000 d'atmosphères.

4. — Avant de passer à la question des pertes d'énergie, nous voudrions encore attirer l'attention sur l'ordre de grandeur des vies

moyennes et des libres parcours moyens relatifs à la réaction de fusion, car c'est là que peuvent naître les réserves à faire sur la notion de « plasma en équilibre ».

La vie moyenne τ_F d'un ion du plasma avant qu'il donne lieu à une réaction de fusion est donnée par :

$$\tau_F = \frac{1}{n < \sigma v >_{moyen}}$$

Dans le cas particulier déjà considéré, c'est-à-dire pour une température de 1 milliard de degrés et une densité de puissance de 100 watts par cm³ (ce qui correspond à peu près à $n_i = 3.10^{15}$), un ion du plasma, qu'il s'agisse d'une réaction D-D ou D-T, vit en moyenne 10 secondes, et son libre parcours correspondant, relatif à la fusion, λ_F est de l'ordre de 3.10^9 cm.

Cela veut dire que, avant d'avoir une chance raisonnable d'interagir, le deutéron pourra parcourir une distance égale à la circonférence terrestre, donc très supérieure aux dimensions du système thermonucléaire projeté, autrement dit qu'il restera beaucoup trop peu de temps dans le champ de la réaction pour donner lieu à une réaction productive. Ce qui souligne bien une des difficultés fondamentales du problème, difficulté qu'il n'est pas aisé de tourner, puisqu'une simple augmentation de la densité ionique se traduirait, à température constante, par une augmentation exorbitante de la densité de puissance. Il semble même, à première vue, qu'on touche au paradoxe dans le cas de la bombe à hydrogène, si l'on songe à la très courte durée d'une explosion atomique.

(A suivre.)

Raymond Moch.



Du contrôle industriel
aux mesures de haute précision
Toute une gamme d'appareils de mesure électriques
• Ponts de mesure
• Galvanomètres
• Étalons
• Voltmètres Ampèremètres
• Appareils pour techniques spécialisées
Extensométrie
Polarographie
Publicité AOIP
AOIP
8 A 14, RUE CHARLES FOURIER, PARIS 13e - TÉL. : GOB. 83-00 + TÉLÉGR. : ASSOPRECI

Le problème de la dynamique relativiste des systèmes de points en interaction

par O. COSTA DE BEAUREGARD
(*Institut Henri Poincaré*)

Pour la dynamique relativiste, dont les succès d'explication, de l'astrophysique à la microphysique, ne se comptent plus, c'est certainement une situation irritante que de ne point posséder une solution du problème des systèmes de points en interaction, quand la dynamique newtonienne en présente une, très parfaite, du style majestueux qui lui est coutumier.

LES THÉORÈMES GÉNÉRAUX

La première idée qui se présente, pour progresser vers la solution désirée, consiste évidemment à chercher une extension relativiste des célèbres « théorèmes généraux » de la dynamique classique. La première remarque, alors, sera que l'énergie potentielle W du système ne pourra plus être considérée comme une entité abstraite, puisque, d'après la loi relativiste fondamentale d'EINSTEIN et de LANGEVIN, il lui correspondra un équivalent massique $m = W : c^2$; il s'avère par là que l'énergie potentielle d'un système se comportera comme une grandeur de champ se propageant dans l'espace intermédiaire, et dont la loi de distribution spatio-temporelle ne pourra plus être ignorée. Pour des raisons obvies de covariance tensorielle, nous voyons alors que la notion d'une impulsion potentielle, se propageant également dans le champ, doit être introduite ; ABRAHAM et POINCARÉ, aux environs de 1900, étaient arrivés à cette conception dans le cas du champ électromagnétique, et ceci nous montre, une fois de plus, à quel point les problèmes du champ électromagnétique représentent des prototypes parfaits de la plupart des problèmes de la Relativité. Quoi qu'il en soit, cette notion d'une impulsion potentielle se propageant dans l'espace vient heureusement résoudre le problème, *a priori* gênant, de l'action et de la réaction mutuelles de deux points matériels: nous ne pouvons plus, en Relativité, considérer intrinsèquement ces deux points « au même instant », et nous ne pouvons pas davantage imaginer que la transmission de l'action et de la réaction entre eux soit instantanée. En conclusion de tout ceci, nous voyons qu'*à tout système de points matériels en interaction doit être associé un champ d'interaction, représenté par un tenseur d'impulsion-énergie* T^{ij} ($i, j, k, l, = 1, 2, 3, 4$) défini en tout instant-point x^i ($x^4 = ict$), et satisfaisant à une certaine loi de propagation.

Des considérations analogues valent pour le moment cinétique. Il saute aux yeux que si l'on associe aux trois composantes du moment cinétique ordinaire d'un point matériel trois autres composantes, formées par les expressions intervenant dans la définition classique du centre de gravité, ou barycentre, complétées, comme il se doit en Relativité, par de nouveaux termes impliquant la différence entre lse temps où sont pris le point matériel et l'origine des moments, l'on formera un tenseur de l'espace-temps, qu'il sera tout naturel d'appeler « moment cinétique et barycentrique » du point matériel considéré. Cette remarque ouvre la voie à la manière rationnelle de définir, en Relativité, le barycentre d'un essaim de points matériels (1), et il est intéressant, chemin faisant, de retrouver à ce propos toute la classique théorie des torseurs, de l'axe central, des invariants de ce champ, etc... Mais, pour les mêmes raisons que précédemment, tout ceci n'est physiquement valable que si l'on prend en considération explicite une densité de moment cinétique se propageant dans le champ ; celle-ci, représentée par un tenseur de rang 3 de l'espace-temps, essentiellement anti-symétrique sur deux indices, comprendra en tout cas un terme « orbital » formé par le produit extérieur du tenseur de champ T^{ij} et du quadrivecteur x^k joignant l'origine des moments à l'instant-point courant du champ ; mais il n'y a aucune raison de s'arrêter en si bonne voie, et rien n'empêche d'introduire également une densité de moment cinétique propre σ^{ijk}, grandeur de champ définie en tout instant-point ; c'est ce qu'avait déjà reconnu M. E. Henriot dans le cas de l'électromagnétisme (6).

Une fois ces diverses notions précisées, la formulation relativiste des théorèmes généraux de la dynamique n'est plus qu'un jeu. Le théorème des forces vives et le théorème de la conservation de l'impulsion fusionnent harmonieusement en un théorème de conservation de l'impulsion-énergie quadridimensionnelle ; le théorème (et non plus le principe) de la conservation de la masse apparaît comme un corollaire du théorème des forces vives. Semblablement, le théorème de la conservation du moment cinétique autour du barycentre fait maintenant partie d'un théorème de conservation d'espace-temps à 6 composantes. Un troisième théorème stipule que la position du barycentre d'espace-temps est arbitraire sur un « axe central » colinéaire à l'impulsion-énergie totale, et ceci représente la transposition relativiste du théorème du mouvement rectiligne uniforme du barycentre de l'essaim des points en interaction (1).

Tout se présente ainsi d'une façon parfaitement logique et harmonieuse. Malheureusement, la solution effective du problème n'a pas avancé d'un pas, et même, en un sens, elle a reculé, car nous avons dû conclure qu'en Relativité le problème de la dynamique des n points interagissants se présente en liaison intime avec un problème de dynamique des champs. Ce problème de champs, la dynamique newtonienne le traitait par prétérition, et c'est précisément en cela que consiste l'approximation « classique » du problème : en prenant implicitement $c = \infty$, la dynamique newtonienne égalait à zéro l'équi-

valent massique de l'énergie potentielle, et n'avait donc plus à se préoccuper de sa loi de distribution dans le champ ; c'est à cela que tient le caractère curieusement « désincarné » de l'énergie potentielle des classiques. L'approximation $c = \infty$ entraînait par ailleurs la propagation instantanée des interactions et l'égalité à distance de l'action et de la réaction, un autre trait quasi « magique » de la mécanique classique. Par principe même, toutes ces approximations sont interdites à la Relativité et la leçon pratique en est que les « théorèmes généraux » ne peuvent plus, en Relativité, être utilisés comme un intermédiaire de raisonnement. Force est donc de conclure, au retour de cette première exploration, qu'une tout autre voie d'attaque du problème doit être recherchée.

DYNAMIQUE DU POINT ET STATIQUE DU FIL

Cette autre voie d'attaque a été découverte par Wheeler et Feynman, qui l'ont exposée en deux mémoires (8) aux calculs extrêmement ingénieux et aux vues, selon nous, très justes en leur fond, sinon toujours en leur forme verbale.

Le meilleur moyen d'introduire aux conceptions de Wheeler et Feynman consiste probablement à rappeler l'antinomie, en électromagnétisme, entre les points de vue coulombien-ampérien d'une part, maxwellien de l'autre. Il est bien connu qu'en régimes statique ou permanent l'énergie potentielle d'un système de charges et de courants peut être exprimée, soit en fonction des grandeurs intégrales caractérisant ces éléments « matériels » et des distances deux à deux de ces éléments : c'est le point de vue coulombien-ampérien ; soit en fonction des grandeurs densitaires du champ : c'est le point de vue maxwellien. La première exploration du problème que nous avons faite s'inscrivait justement dans le point de vue maxwellien, mais nous avons dû reconnaître que l'introduction explicite des champ représentait une complication technique. L'avantage du point de vue coulombien-ampérien est de résoudre par prétérition le problème de champs, et cette simplification serait, dans notre problème, la très bien venue. Mais il faut prendre garde à ceci : *dans l'espace-temps, un système de n charges ponctuelles n'est pas un système de n points, c'est un système de n « fils » : les trajectoires d'espace-temps des points.* En traçant un chemin dans cette voie, nous devons donc *a priori* nous attendre à établir un parallèle de la dynamique relativiste des *n* points non plus du tout avec un problème classique des *n* points, *mais avec un problème classique des n fils* : c'est un trait que Wheeler et Feynman n'ont pas mis en évidence explicite, mais sur lequel nous avons attiré l'attention dans une Note aux Comptes Rendus (2) ; nous y avons montré, sur l'exemple de l'électromagnétisme étudié par Wheeler et Feynman, qu'*il y a isomorphisme entre la dynamique relativiste des* n *points et la statique classique des* n *fils en interaction.* Nous voulons revenir ici sur le sujet, avec l'espoir que la prise en consi-

dération de cette intime parenté entre un important problème actuel et un problème de mécanique newtonienne, bien posé, mais non encore résolu, suscitera peut-être de fécondes recherches.

Montrons, pour commencer, qu'il y a isomorphisme entre la dynamique relativiste du point sans spin et la statique classique du fil parfaitement flexible et de tension scalaire constante. L'équation vectorielle du problème s'écrit, dans les deux cas,

$$d\,\mathbf{T} = \mathbf{F}\,d\,s,$$

mais avec une interprétation différente des symboles, que nous résumons dans le tableau ci-dessous :

	Dans l'espace euclidien tridimensionnel	Dans l'espace-temps 4-dimensionnel pseudoeuclidien
T (tangent à la trajectoire et de longueur constante	Tension du fil	Impulsion-énergie du point
F (normal à la trajectoire dans le pla osculateur)	Densité linéaire de force pondéromotrice	Force pondéromotrice
ds (élément d'arc de trajectoire)	Elément de longueur du fil	Temps propre du point

Dans le cadre des présentes hypothèses, aussi bien en statique classique du fil qu'en dynamique relativiste du point, l'équation tensorielle du problème portant sur les moments est la conséquence de celle qu'on vient d'écrire.

Il est possible de généraliser ceci, en considérant le cas d'un vecteur **T** non tangent à la trajectoire et de longueur variable: c'est, en statique classique, le cas d'un fil doué de raideur et, en dynamique relativiste, celui du point matériel présentant un moment cinétique propre ou « spin » ; dans ce cas, les équations du problème comprennent, à côté de celle déjà écrite, une équation portant sur les moments ; nous laissons au lecteur le soin d'écrire cette dernière, dans la forme tensorielle valable aussi bien en statique tridimensionnelle qu'en dynamique 4-dimensionnelle, et de compléter le précédent tableau d'interprétations.

REMARQUES SUR LE RAYONNEMENT

Ces remarques faites, revenons à la théorie de Wheeler et Feynman (8). Pour fonder leur théorie covariante relativiste des charges

ponctuelles en interaction, ces auteurs posent les trois postulats que voici :

A. *Absence de self-action des charges élémentaires.* — Il apparaîtra un peu plus loin que la théorie de W. F. ne peut être cohérente sur ce point que si toute l'interaction est supposée se propager à la vitesse limite c, c'est-à-dire, en termes quantiques, que si la masse propre des corpuscules de champ (ici, des photons) est considérée comme nulle. Il y a donc certainement lieu de prévoir ici une généralisation des idées de W. F., pour pouvoir traiter des cas plus généraux d'interaction (par exemple, mésiques).

Même en supposant nulle la masse propre du photon, la théorie quantique affirme l'existence de phénomènes de self-induction des charges ; sous ce rapport, le postulat A de W. H. représente une simplification valable à l'échelle macroscopique, où les effets de self-induction quantiques sont négligeables.

B. *Le potentiel électromagnétique créé par une charge ponctuelle l'est suivant une loi symétrique entre passé et futur ; en fait, il est la demi-somme des potentiels retardé et avancé.* — Ce second postulat de W. F. a fait couler beaucoup d'encre, car il semble d'abord contredire un nombre immense de faits bien établis par l'expérimentation macroscopique, comme le ferait l'énoncé du premier principe de la thermodynamique si l'on oubliait de formuler aussitôt le second. Or, pour des raisons qu'il serait trop long de développer ici, car elles feraient l'objet d'un exposé d'importance comparable à celui-ci, nous sommes arrivés (3), tout à fait indépendamment, à des vues entièrement compatibles avec celles de Wheeler et Feynman.

Expliquons-nous brièvement sur ce point, en empruntant les conceptions de la théorie quantique. Le postulat B de W. F. équivaut à isoler les processus comportant émission et réabsorption des corpuscules de champ (ici, des photons) à l'intérieur du système ; ce sont là les phénomènes dits « virtuels », effectivement responsables de l'*interaction.* Les phénomènes comportant des photons réels seront dans une autre classe, et il restera à expliquer pourquoi ces phénomènes, qui du point de vue quantique, sont complètement symétriques entre avenir et passé, ne sont *macroscopiquement* décrits correctement que par les solutions retardées de l'équation des ondes. Une autre manière de dire la même chose est que l'émission des photons l'emporte statistiquement sur leur absorption ; or, nous avons montré (3) sur des exemples que cette loi statistique peut être identifiée à celle de la croissance de l'entropie pour le système *émetteurs + absorbants + gaz de photons.* En d'autres termes, *compte tenu dualisme ondes-corpuscules de la mécanique ondulatoire, il y a équivalence entre les principes macroscopiques de la propagation ondulatoire retardée et de la croissance de l'entropie.* Autrement dit encore, il paraît légitime de sérier les questions en traitant, sous une première rubrique, de l'interaction pure (phénomène conservatif) et, sous une seconde

rubrique, du rayonnement (phénomène irréversible). L'on ne fera ainsi que se conformer à une tradition classique de la dynamique et de la thermodynamique ; si l'on veut, en dynamique relativiste, trouver un substitut des « théorèmes généraux », il faudra manifestement se limiter à la considération de systèmes conservatifs : c'est ce que font Wheeler et Feynman en excluant le rayonnement.

C. *L'univers physique, identifié théoriquement à un vaste essaim de charges ponctuelles en interaction, est supposé n'émettre aucun rayonnement vers l'espace extérieur ni n'en recevoir aucun.* — La raison d'être de cette hypothèse étrange, et d'un caractère quelque peu mythique, est manifeste : étant non quantique, la théorie de W. F. ignore la notion du photon, et elle se trouve incapable de distinguer les processus « réels » des processus « virtuels ». Elle ramène donc, par décret, les processus « réels » au type « virtuel ». Par ce biais, elle tourne l'impossibilité où elle se trouve de faire la statistique du problème, et d'introduire l'entropie du gaz des photons.

Il est très frappant, dans ces conditions, de voir Wheeler et Feynman établir le résultat suivant : si l'on postule qu'il n'y a que des photons virtuels, il y a équivalence entre la description classique des phénomènes par ondes retardées et forces réactives de Lorentz, la description à la W. F. par ondes semi-retardées et semi-avancées sans forces réactives de Lorentz, et une description « anti-classique » par ondes avancées et forces de Lorentz changées de signe, donc accélérantes au lieu d'être amortissantes. L'on retrouve, avec cette dernière description, le cosmos paradoxal de Flammarion et Poincaré (7) où la prévision est impossible, mais au contraire où la rétrodiction est régulièrement possible.

Bien entendu, cette situation idéale de parfaite réversibilité de Weehler et Feynman est rayée du tableau dès qu'il y a échange énergétique entre le système *charges* + *champs* et un autre système physique : l'on n'a jamais observé que le fonctionnement d'une station radioélectrique se traduise par la convergence d'une onde avancée vers l'antenne, et la récolte d'une énergie non électromagnétique ! ou plutôt, lorsque effectivement ce phénomène a lieu dans un ou plusieurs postes récepteurs, c'est toujours qu'une dépense de puissance bien plus grande est consentie dans un émetteur, et qu'une onde divergente retardée s'échappe de tout le système. Nous retrouvons ainsi un énoncé très apparenté à celui du principe de Carnot, mais plus général, en ce sens que le rayonnement qui se dissipe n'est pas un rayonnement de quasi-équilibre thermique.

Ces digressions étaient physiquement nécessaires, parce qu'en fait les phénomènes de l'*interaction* et du *rayonnement* sont inséparables. Mais le problème qui nous intéresse ici est essentiellement celui de l'interaction, et c'est de lui seul que nous allons continuer à parler.

DYNAMIQUE DES *n* POINTS ET STATIQUE DES *n* FILS

Les formules de dynamique, déduites par Wheeler et Feynman de leurs postulats, et que le lecteur pourra trouver dans les textes

originaux (8, 2), sont d'une structure entièrement isomorphe à celle de la statique classique des fils en interaction, lorsque chaque élément d'un fil est en interaction avec chaque élément de chaque autre fil, comme c'est par exemple le cas de la loi de Biot-Savart-Laplace. Soient deux éléments quelconques appartenant à deux trajectoires d'espace-temps différentes ; ils exercent l'un sur l'autre une action et une réaction opposées, mais non «directement opposées » (tout comme dans le cas de la loi de Biot-Savart-Laplace) en ce sens que les variations d'impulsion-énergie attachées à ces deux éléments sont égales et de signes contraires, proportionnelles α) au produit des charges, β) au produit des longueurs élémentaires scalaires, γ) à une expression impliquent les angles entre eux des trois vecteurs tangente unitaire à chaque « fil » et intervalle spatio-temporel des deux points moyens, δ) à une certaine fonction de la distance minkowskienne.

Cette fonction, avec l'hypothèse faite d'un photon de masse nulle, est lą dérivée par rapport à son argument de la fonction impropre de Dirac $\delta(r^2)$; il y a là une simplification considérable par rapport à la statique classique des fils, et qui est permise par le caractère hyperbolique de l'espace-temps et par le fait que les trajectoires de points matériels sont obligatoirement du genre temps ; il suit en effet de là que chaque point d'un « fil » n'est en interaction effective qu'avec deux points de chaque autre fil (ceux qui sont « en onde » avec lui), et aucunement avec les autres points de son propre fil. Manifestement, une généralisation sera ici nécessaire pour décrire d'autres types d'interaction, par exemple les interactions mésiques, et ceci nous rapprochera de la statique classique des fils.

En lisant la suite de ce commentaire, le lecteur pourra utilement se reporter au tableau de correspondances de la p. toujours valable. Les formules de W. F. sont telles que l'orthogonalité des vecteurs F aux éléments de «fils» est automatiquement assurée, et par conséquent que les vecteurs T sont automatiquement tangents aux « fils » et de longueur constante. On est donc dans le cas des «points sans spin», ou des « fils parfaitement flexibles à tension scalaire constante » ; l'on sait alors, d'après l'analogie de la statique classique, que les formules «en moment» sont conséquences des formules « en somme » ; et ceci implique, d'après ce que nous avons dit en commençant, la théorie du barycentre et des théorèmes généraux.

Outre les formules fondamentales que nous venons de commenter, Wheeler et Feynman en ont donné quelques autres qui sont autant d'aides pour aborder le problème si bien posé. L'une écrit l'impulsion-énergie totale du système des charges ponctuelles *a* en interaction sous la forme « coulombienne d'espace-temps »

$$P^i = \sum_a p_a{}^i + \sum_{a \neq b} p_a{}^i{}_b \; ;$$

es $p_a{}^i$ sont les impulsions-énergies intrinsèques, ou inertiques, des points a, ,..., et les $p_a{}^i{}_b$ leurs « inter-impulsions-énergies » deux à

deux ; les expressions de ces dernières font intervenir des intégrales de ligne prises le long des trajectoires d'espace-temps.

LE PRINCIPE D'ACTION STATIONNAIRE

Mais la plus belle formule de la théorie, qui la résume tout entière, est celle du principe d'action stationnaire de FOKKER (5). FOKKER pose, pour l'action totale du système en interaction,

$$A \equiv \sum_a \int_{-\infty}^{+\infty} p_i \, d_a{}^i + \sum_{a \neq b} \frac{Q_a Q_b}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \delta(r^2) \, da_i \, db^i,$$

où da^i, db^i, ... sont les éléments des diverses trajectoires d'espace-temps, Q_a, Q_τ, ... les charges ; il montre alors que le principe $\delta A = 0$ équivaut aux équations différentielles du système.

On peut remarquer que l'action totale de FOKKER est construite comme une énergie totale de mécanique newtonienne : c'est une somme de self-actions et d'inter-actions deux à deux.

Précisons les conditions dans lesquelles on doit varier l'action A : chaque « fil » doit être considéré comme tendu par deux mains situées l'une à $t = -\infty$, l'autre à $t = +\infty$, et appliquant une traction telle que la « tension », tangente au fil et constante en module, reste invariable au cours du déplacement. Chaque « fil » pourra être astreint à passer par deux « points » arbitrairement choisis (séparés par un intervalle du genre temps) ou par un point donné avec une tangente donnée en ce point (du genre temps) ; exactement comme en dynamique newtonienne, mais la simultanéité absolue étant abandonnée.

Il y a, dans ce qui précède, un bel exemple de problème de dynamique transformé en problème de statique par l'application du point de vue spatio-temporel global de MINKOWSKI : le « devenir » s'y trouve figé sous un aspect d'immuable éternité. Un cas du même genre se rencontre avec le problème de la diffraction en régime variable, qui est un autre problème posé, mais non résolu (4).

Si les précédentes indications peuvent susciter le trait de lumière qui éclairera simultanément les problèmes classique de la statique des *n* fils et relativiste de la dynamique des *n* points en interaction, le but de cette rédaction aura été atteint.

O. COSTA DE BEAUREGARD

Note de la Rédaction : Les calculs paraîtront in extenso aux Cahiers de Physique.

BIBLIOGRAPHIE

(1) Costa de Beauregard O. — La théorie de la Relativité restreinte, Paris 1949, 125-134.

(2) Costa de Beauregard O. — *Revue Scientifique*, n° 3.305, 1950, p. 34-40 ; *Comptes Rendus*, 237, 1953, p. 1.395.

(3) Costa de Beauregard O. — *Revue des Questions Scientifiques*, 1952, p. 171-199 ; L'irréversibilité quantique, phénomène macroscopique, *in* Louis de Broglie physicien et penseur, Paris, 1952 ; *Comptes Rendus*, 235, 1952, p. 1.193, 236, 1953, p. 666 ; 241, 1955, p. 1.721.

(4) Costa de Beauregard O. — *Comptes Rendus*, 242, 1956, p. 347 et 467.

(5) Fokker A. D. — *Zeits. f. Phys.*, 58, 1929, p. 386-393 ; *Physica* 9, 1929, p. 33 et 12 ; 1932, p. 145-152.

(6) Henriot E. — *Mémorial des Sciences Physiques*, 30, 1936.

(7) Poincaré M. — Le hasard *in* Science et Méthode, Paris, 1912.

(8) Wheeler J. A. et Feynman R. P. — *Reviews of Modern Physics*, 17, 1945, p. 157-181 et 21, 1949, p. 425-433.

Il est des Hommes qu'il n'est pas permis d'ignorer
Jean ROSTAND (Préface)

Vient de paraître :

pour le Tricentenaire du grand physiologiste Anglais :

Louis CHAUVOIS

Lauréat de l'Institut,

WILLIAM HARVEY

(1578-1657)

Sa Vie et son Temps
Ses découvertes
Sa Méthode

Préfaces du Professeur LIAN et de Jean ROSTAND

1 vol. de 253 pages, 16 figures 18 planches hors texte. **1.250** f.

SEDES, Éditeur - 5, place de la Sorbonne - PARIS



PARIS (Sciences). — MM. DESTRIAU, MAY, COTTE et SALEM, sont nommés professeurs à titre personnel.

Le titre de Professeur sans chaire est conféré à MM. LENNUYER, RIZET, ROUTHIER, DIXMIER, SOUCHAY, AIGRAIN, BRUSSET, Maurice LEVY, LE NORMANT, PIAUX, BRUN, LEDERER, BELLAIR, Jacques-Emile DUBOIS, LAMOTTE, LE ROLLAND, MICHEL, Mmes TONNELAT, CHAIX, HUREL-PY, DUBREIL-JACOTIN et LELONG-FERRAND.

Mme FESSARD est nommée Maître de Conférences de Psychophysiologie (emploi créé).

M. NICOLAS est nommé Chef de Travaux de Géologie structurale et de Géologie appliquée.

PARIS (Pharmacie). — M. CAVIER est nommé Professeur à titre personnel.

Mlle ROLLEN est nommée Chef de Travaux de Biologie végétale.

PARIS (Muséum). — M. Paul JOVET, assistant, est nommé sous-directeur de Laboratoire.

PARIS (C.N.A.M.). — M. Maurice BELLIER est nommé titulaire de la chaire d'Electricité industrielle (machines) en remplacement de M. LEFRAND et M. André BUSSON est nommé titulaire de la chaire d'Electricité industrielle (installations, distribution, machines) (emploi créé).

AIX-MARSEILLE. — Le titre de Professeur sans chaire est conféré à M. BOUDIOU ainsi qu'à M. MOURGUE (Pharmacie).

ALGER. — M. SABON, Maître de Conférences à la Faculté de Pharmacie, est nommé titulaire de la chaire de Pharmacie chimique et de Toxicologie, en remplacement de M. MONNET.

BESANÇON. — M. LAFAURGUE (Camille), Maître de Conférences, est détaché auprès du C.N.R.S. en qualité de Maître de Recherches.

BORDEAUX. — M. CAZAUX (Pharmacie), est nommé titulaire à titre personnel.

Le titre de Professeur sans chaire est conféré à MM. JEAN et MASSON.

M. MAURET, Maître de Conférences à l'Institut Scientifique Chérifien, est nommé Maître de Conférences et mis à la disposition du Ministre des Affaires Etrangères (affaires tunisiennes et marocaines).

(*Suite page* 180.)

Louis THENARD

(1777-1857)

par P. LAFFITTE,
Professeur à la Sorbonne.

C'est à Lalouptière (Aube), non loin de Sens, qu'est né le 4 mai 1777, Louis-Jacques Thénard, un des plus grands chimistes du XIX[e] siècle, mort à Paris, à quatre-vingts ans, le 21 juin 1857, il y a cette année cent ans.

Ses parents étaient des paysans fort pauvres et le curé de la paroisse fut son premier instituteur. Au printemps de 1794 il se mit en route pour Paris, le bâton à la main et muni du plus léger bagage. Il avait formé le projet de devenir pharmacien à Sens. Or il n'avait que seize sous par jour pour vivre et payer ses études. Il suivit assidûment les cours de Fourcroy et de Vauquelin. Mais il n'avait pas les ressources suffisantes pour entrer au laboratoire de ce dernier. S'armant cependant de courage il demanda à Vauquelin de l'admettre dans son laboratoire, non pas gratuitement, mais en échange de tel travail qu'il lui plaira d'exiger, fût-ce celui d'homme de peine. Ce furent les sœurs de Vauquelin qui lui conseillèrent de le prendre dans son laboratoire : « Il est gentil et pas fier, dit l'une d'elles ; il soignerait notre pot-au-feu que tous tes muscadins laissent trop bouillir ».

Rapidement il acquiert la confiance de son maître et des élèves du laboratoire. Il fut bientôt chargé d'analyser des minerais rares. C'est aujourd'hui encore un travail difficile, mais qui l'était davantage à cette époque où toutes les méthodes d'analyse étaient à créer. C'est au cours de ces recherches qu'il découvrit dans le béryl, avec son maître Vauquelin, un nouvel oxyde, la glucine.

A partir de cette date la carrière de Thénard s'accomplit rapidement et en peu d'années il arriva aux situations les plus importantes. Vauquelin l'avait d'abord fait nommer professeur dans une institution privée, puis préparateur (1798) et répétiteur à l'Ecole Polytechnique. Ensuite il fut successivement Professeur de Chimie au Collège de France (23 germinal au XII) ; Professeur de Chimie à la Faculté des Sciences de Paris (14 avril 1809), lors de la création de cette Faculté où il fut ainsi le premier titulaire de la Chaire de Chimie Générale ; Membre de l'Institut à 33 ans (1810) ; Doyen de la Faculté des Sciences (1821-1840) ; Conseiller du Conseil Royal de l'Instruction publique (1830) ; Vice-président de ce même conseil (1840) ; chancelier de l'Université (1845) ; puis président de la Section perma-

nente de l'Instruction publique (1850). Eu outre il fut membre du Comité Consultatif de l'Intérieur sous le premier Empire et, baron sous la Restauration, enfin pair de France sous la monarchie de juillet. Il fut mis à la retraite en 1852, à 75 ans. Il était doué d'une santé robuste, et, jusqu'à sa mort, fut un travailleur infatigable.

Une carrière si rapide et si brillante n'eut pas d'autres causes que ses qualités de travailleur acharné, son art pour l'expérimentation, sa ténacité dans l'effort, son génie d'invention et ses talents de Professeur. Au début de sa carrière, pour corriger son accent champenois et son éloquence rustique, il se mit à fréquenter la Comédie française « toutes les fois que son estomac se prêtait à une assez longue abstinence pour qu'il put économiser trente sols ». Cette éducation oratoire était à peine commencée qu'un jour Vauquelin lui annonça qu'il devait partir pour Rouen et qu'il le chargeait de continuer son cours. Ses débuts ne furent pas très brillants, mais il s'habitua peu à peu à parler devant un auditoire nombreux et un jour il vit dans la salle Fourcroy et Vauquelin. C'est ainsi qu'il fut nommé préparateur à l'Ecole Polytechnique.

Il se lia rapidement d'amitié avec les principaux chimistes de l'époque, en particulier avec Gay-Lussac et Chaptal. C'est avec Gay-Lussac qu'il écrivit l'ouvrage célèbre intitulé « Recherches physico-chimiques » où en particulier était décrite la chimie des métaux alcalins qui venaient d'être découverts, et où l'on trouvait la préparation de substances nouvelles (bore, silicium, acide fluorhydrique, etc.).

Un jour Chaptal, étant ministre, le fit appeler. C'était à l'époque du blocus continental, et sans préambule Chaptal lui dit : « Le bleu d'outre-mer nous manque ; c'est d'ailleurs en tout temps un produit fort cher. Il nous faut, pour la manufacture de Sèvres, un bleu semblable qui puisse s'obtenir à bon compte et résiste au feu. Voici 1.500 francs ; va découvrir une matière colorante qui remplisse ces conditions. — Mais, dit Thénard... — Mais... interrompt Chaptal, je n'ai pas de temps à perdre. Va et apporte-moi mon bleu au plus vite ». Un mois plus tard l'outremer artificiel, ou plutôt le bleu Thénard, était découvert : il est employé aujourd'hui encore non seulement à la manufacture de Sèvres, mais dans le monde entier.

Plus tard, sous le règne de Charles X, Gros avait peint les fresques de la coupole du Panthéon et l'on venait de partout, même de l'étranger pour les admirer. Mais au bout d'un certain temps, par suite de l'humidité qui avait pénétré les pierres, la peinture tombait par écailles. Il aurait fallu, pour éviter un tel désastre, trouver le moyen de rendre les pierres imperméables. Thénard se mit alors à faire des recherches sur ce problème et trouva la solution en utilisant des enduits silicatés. Il montre alors le résultat de ses recherches à Gros, qui transporté de joie,


Institut Royal
de
France
THÉNARD,
(Louis Jacques)

se rend auprès du roi. Thénard y est appelé. On l'écoute, Gros recommence son œuvre qui cette fois ne subit plus les atteintes de l'humidité.

C'est à l'occasion de son cours à la Sorbonne que Thénard fit sa découverte qui eut le plus de retentissement : celle de l'eau oxygénée. Il avait voulu vérifier ce qu'il enseignait à son cours au sujet de l'action des acides sur les peroxydes ; il constata qu'avec le peroxyde de baryum il n'y avait pas de dégament d'oxygène. Il étudia alors systématiquement les propriétés de ce nouveau composé d'hydrogène et d'oxygène qu'il venait de découvrier, et en particulier sa décomposition catalytique sous l'action des corps poreux : ce fut, et c'est encore, un des exemples les plus nets de catalyse. Cette découverte de l'eau oxygénée eut un immense retentissement. Berzélius vint tout exprès de Suède pour constater les faits dans le laboratoire même de Thénard. Il se rendit d'abord chez lui où il fût reçu comme un maître et comme un ami. Tous deux parlèrent de l'iode, nouvellement découvert, et dont Gay-Lussac avait étudié les propriétés, ainsi que du cyanogène, puis de toutes les découvertes de Thénard et en particulier de celle de l'eau oxygénée. Mais Thénard dut abréger l'entretien pour aller faire son cours à la Sorbonne. Au milieu de ce cours « par hasard, ses yeux s'arrêtent sur un coin reculé de l'amphithéâtre. Il hésite, se trouble, essaie de se remettre, mais malgré lui ses yeux se portaient vers l'endroit où ils s'étaient d'abord fixés ; alors son embarras augmente : il balbutie, perd de vue son sujet ; l'étonnement, l'anxiété, se peignent sur tous les visages : chacun se demande ce que cela signifie. Enfin, n'y tenant plus : « Messieurs, dit-il, vous allez comprendre mon trouble » et, montrant un coin de la salle : « Messieurs, Berzélius est là ». A ces mots un tonnerre d'applaudissements éclate ; Berzélius est deviné par les étudiants, qui l'enlèvent et le transportent sur un siège voisin de la chaire. Plus tard Berzélius dit à Thénard qu'il s'était rendu compte ce jour-là que son talent de professeur était supérieur à sa renommée. Cette renommée avait pris naissance dès ses premiers cours et s'était rapidement amplifiée, à tel point que dans l'amphithéâtre de la Sorbonne se pressaient côte à côte des gens du monde et des étudiants. Il arriva même que tous ne pouvaient trouver place dans l'amphithéâtre, ce qui fut parfois l'occasion de véritables bagarres. Tous ces étudiants aimaient leur maître qu'ils surnommèrent affectueusement le « Père Thénard », et celui-ci aimait ses élèves, dont un certain nombre devinrent à leur tour des maîtres, tels Dumas, Wurtz, Sainte-Claire Deville, Pasteur, Gerhardt, Laurent, Berthelot, Friedel, et bien d'autres.

Le succès des leçons de Thénard l'engagea à les rédiger et à les publier. Il écrivit ainsi un traité de Chimie qui parut en 1813. Ce fut un succès considérable. De nombreuses éditions se

succédèrent et furent appréciées non seulement en France, mais dans le monde entier. Ce traité constituait une œuvre entièrement originale et différente de tout ce qui avait été publié jusqu'alors. Elle était composée avec ordre, méthode et précision, et fut utilisée par tous les chimistes pendant plus d'un demi siècle. On peut dire que pendant cette période toute l'Europe a appris la chimie de Thénard. On peut encore dire que ce livre est l'ancêtre de nos traités de Chimie les plus récents. Et par cet ouvrage Thénard eut une influence considérable sur l'enseignement et sur les recherches d'un grand nombre de chimistes du XIXe siècle.

Il est impossible de mentionner dans ces quelques pages toute l'œuvre de Thénard, les résultats de toutes ses recherches et toutes ses découvertes. Mais on peut dire que c'est avec lui que la chimie minérale a pris le visage que nous lui connaissons aujourd'hui.

Nous avons vu plus haut que Thénard avait, à côté de ses fonctions enseignantes, occupé un grand nombre de hauts postes administratifs. Ceux-ci ne lui avaient pas été confiés uniquement à cause de sa situation scientifique, mais bien parce qu'il possédait des qualités administratives très développées qu'il manifesta pendant la vingtaine d'années où il fut Doyen de la Faculté des Sciences de Paris. Les différents postes administratifs qu'il occupa avec une grande autorité lui permirent d'acquérir une grande influence politique qu'il mit au service de la science et de l'Université (création de cabinets de physique, de laboratoires de chimie, de musées d'histoire naturelle, réforme complète des études médicales, refonte de l'agrégation, organisation des collèges, etc.). Son avis pour la nomination des professeurs de faculté entraînait toujours le choix du candidat à nommer. C'est par suite de sa grande autorité qu'il fut élu député, ce qui lui donna souvent l'occasion d'intervenir dans les questions scientifiques et industrielles, par exemple, lors de l'adoption du système métrique qui, alors n'avait pas encore été pratiquement rendu obligatoire. Toutefois lorsque, sous le gouvernement de juillet, on vint lui proposer de quitter la Chambre des Députés où il avait siégé quatre ans, pour entrer à la Chambre des Pairs, il répondit : « La députation m'a si fort ennuyé et si mal réussi, que je ne veux pas de la pairie ». Mais il fut vaincu par les instances du prince, et dans cette nouvelle et haute fonction il ne se consacra qu'aux questions d'industrie, de science et d'enseignement.

Un seul fait, parmi bien d'autres, permet de se rendre compte de la haute élévation de son âme. Lorsque, en 1825, Charles X le fit baron, la joie que lui causa cette distinction ne fut pas sans quelque mélange d'amertume. « Et Gay-Lussac, s'écriat-il, pourquoi n'est-il pas fait baron, lui aussi ? Autant et plus que moi il le mérite ! » Enfin sa dernière œuvre fut un acte de grande bienfaisance : la création de la Société des Amis des Sciences,

qui fut fondée le 2 mars 1857, c'est-à-dire moins de quatre mois avant la mort de Thénard. « J'espère, a-t-il dit, avoir formé un faisceau que rien ne devra rompre ; j'espère que ceux qui cultivent les sciences, qui les appliquent, ceux même qui seulement en sentent le prix, resteront unis pour les protéger. »

P. LAFFITTE.



DIJON. — Le titre de Professeur sans chaire est conféré à MM. ARBAULT et PANNETIER.

GRENOBLE. — M. GALVINI est nommé titulaire à titre personnel.

Le titre de Professeur sans chaire est conféré à Mlle LUTZ.

LILLE. — M. DESCOMBES, Maître de Conférences, est nommé titulaire de la chaire de Calcul différentiel et intégral (dernier titulaire : M. DEHEUVELS, transféré).

M. KOURGANOFF est nommé titulaire à titre personnel.

Le titre de Professeur sans chaire est conféré à MM. ROUBINE, BROCHARD, LEBEGUE et MASSE (Pharmacie).

LYON. — Le titre de Professeur sans chaire est conféré à MM. BOUTILLIER et BOIDIN.

MM. VIRET et MOUSSON sont nommés titulaires à titre personnel.

MONTPELLIER. — M. MASSE, Maître de Conférences à l'Université de la Sarre, est nommé Maître de Conférences (emploi créé).

NANCY. — Le titre de Professeur sans chaire est conféré à MM. GAYET et BESSON.

POITIERS. — Le titre de Professeur sans chaire est conféré à M. BROUSSE.

M. THOMASSIN est titularisé dans le grade de Chef de Travaux.

RENNES. — M. FREYMANN, Professeur à titre personnel, est transféré dans la chaire de Physique générale (dernier titulaire : M. TREHIN).

M. VENE est nommé titulaire à titre personnel.

TOURS. — M. PAULIN, Professeur à l'Ecole de Plein Exercice, est nommé Professeur chargé de cours à titre permanent (chaire de Matière Médicale) à l'Ecole Nationale de Médecine et de Pharmacie.

STRASBOURG. — M. RINFERT, Professeur à l'Université de Montréal, est nommé Professeur associé.

Le titre de Professeur sans chaire est conféré à Mlles GILLET et GAGNIEU, à M. THOM ainsi qu'à M. SCHREIBER (Pharmacie).

MM. LEVY (Claude) et STEPHAN sont nommés Maîtres de Conférences de Biologie générale et de Zoologie.

Mme KRISTENSEN est nommée Chef de Travaux à la Faculté de Pharmacie.

TOULOUSE. — Le titre de Professeur sans chaire est conféré à MM. ANGELIER et LAFOURCADE ainsi qu'à M. BOURBON (Pharmacie).

CONGRÈS ET RÉUNIONS SCIENTIFIQUES

CONGRES DE PHARMACOLOGIE, du 13 au 15 juin, à Fribourg-en-Brisgau (Deutsche Pharmakologische Gesellchaft — Pharmacologisches Institut — Ludwigshafen).

Colloque international du C.N.R.S. : Propriétés optiques et acoustiques des fluides comprimés et actions intermoléculaires à Bellevue, du 1[er] au 6 juin (M. Volar, Directeur du Laboratoire des Hautes Pressions, Bellevue).

CONGRES DE L'UNION INTERNATIONALE POUR L'ETUDE DES INSECTES SOCIAUX (Sujet : Problèmes actuels de la biologie des insectes sociaux) à Paris, du 9 au 13 juillet (M. G. Richard, Secrétaire Général de l'Union, Faculté des Sciences de Rennes).

Congrès International des MATHEMATICIENS SPECIALISES DANS L'ETUDE DES FONCTIONS à Helsinki, du 12 au 18 août (Prof. B. Eckmann, Ecole Polytechnique Fédérale, Zürich).

A Paris, en août, COLLOQUES SUR LES HOMOGREFFES (MM. May et Voisin, Faculté des Sciences, Paris).

30[e] CONGRES INTERNATIONAL DE CHIMIE INDUSTRIELLE à Athènes, du 25 septembre au 2 octobre (Société de Chimie Industrielle, 28, rue Saint-Dominique, Paris (7[e]).

Colloque International du C.N.R.S. : Progrès récents en Spectroscopie interférentielle à Paris, du 30 septembre au 5 octobre (Prof. Jacquinot, Laboratoire des Basses Températures, Bellevue).

Colloque International du C.N.R.S. : Calcul des Fonctions d'onde moléculaire à Paris, du 30 septembre au 10 octobre (M. Daudel, Directeur du Centre de Chimie théorique).

Le VII[e] « SYMPOSIUM » INTERNATIONAL SUR LA COMBUSTION se tiendra en Grande-Bretagne. La séance inaugurale aura lieu à Londres (à la Royal Institution) le 28 août 1958, et les séances de travail à Oxford du 29 août au 3 septembre 1958.

Pour tous renseignements, s'adresser au Professeur P. LAFFITTE, à la Sorbonne, 1, rue Victor-Cousin, Paris (5[e]).

La seconde Conférence d'information sur l'Energie Nucléaire pour les dirigeants d'entreprises aura lieu à Amsterdam, du 24 au 29 juin prochain, à l'occasion de l'exposition internationale sur l' « Atome ». Elle sera organisée par l'Agence Européenne de Productivité de l'O.E.C.E. et le Secrétariat de l'Energie Nucléaire de l'Organisation.

PRIX RAYMOND BERR

Le 23 mai 1957, la Société chimique de France a décerné ce prix (d'une valeur de 500.000 fr.) à Mme Judith POLONSKY (de l'Institut de biologie physico-chimique de l'Université de Paris), pour son travail intitulé « Structure chimique du calophyllolide, de l'inophyllolide et de l'acide calophyllique, constituants des noix de Calophyllum inophyllum ».

L'utilisation de l'huile brute, issue d'un arbre de Madagascar, le Calophyllum inophyllum, pour le traitement de la lèpre et des plaies en général, rendait souhaitable la détermination de la structure des produits purs qui ont pu en être isolés. C'est ce difficile problème que Mme J. POLONSKY a complètement résolu et les résultats qu'elle a obtenus représentent un travail extrêmement important et d'une qualité exceptionnelle.

Nouvelles scientifiques

● *Le câble téléphonique transatlantique.* — Le 24 janvier 1957 trois réunions simultanées des Associations d'ingénieurs électriciens des Etats-Unis, du Canada et de Grande-Bretagne se sont tenues à New-York, Montréal et Londres. La communication entre elles était réalisée par le câble téléphonique transatlantique qui a été mis en service en septembre 1956. Au cours de ces réunions plusieurs ingénieurs ont pris la parole et furent partout entendus aussi distinctement que s'ils avaient parlé au micro dans la salle même de l'audition. Un disque a été passé simultanément à Londres et à New-York et l'audition était commutée alternativement sur l'une ou l'autre de ces deux villes sans que la moindre différence soit perceptible.

● *Un nouvel herbicide.* — La Société italienne Monsanto vient de mettre au point un nouvel herbicide nommé « Vegadex » ; c'est le 2-chloroallyl-diethyldithiocarbamate (CDEC). Au cours des essais sur le terrain il s'est montré très efficace et sans inconvénients pour les récoltes.

● *Alliages pour Températures élevées.* — L'industrie aéronautique exige des alliages résistant à des températures de plus en plus élevées. Ainsi, tandis que la température des gaz n'était que de 170° C environ vers 1900 (turbines à vapeur), elle est actuellement de 560° C et l'on pense atteindre prochainement 650° C. On a étudié divers alliages susceptibles d'être utilisés à ces températures. Ainsi la Société Westinghouse fabrique un binaire nickel-cobalt, le « nivco », particulièrement résistant à ces températures. Un autre alliage à base de mobyldène, vanadium et tungstène, pourrait conserver ses propriétés jusque près de 900° C.

● *Les adolescents en Afrique.* — Une étude sur les adolescents de la population africaine vient d'être récemment publiée. Elle est due à Miss H. Powdermaker du « Queens College » qui est un spécialiste bien connu des questions anthropologiques. L'étude a été faite au sein d'un communauté minière de la Rhodésie du Nord. Les individus qui ont fait l'objet de cette enquête étaient fortement occidentalisés, souhaitant devenir mécaniciens, employés de bureau ou même professeurs. Les garçons ont une grande admiration pour le niveau de vie des européens, mais leur reprochent leur froideur et leur manque d'hospitalité.

A la question : quelle existence idéale auriez-vous aimé

avoir, la plupart des adolescents interrogés répondent d'une manière naïve, les uns désirant être un animal (en majorité un oiseau pour les garçons) ou un arbre (pour les filles). Souvent les filles expriment leur regret de ne pas être des garçons.

Miss Powdermaker note enfin qu'elle n'a trouvé chez ces jeunes aucune trace des conflits opposant Européens et Africains.

● *Nouvelles relatives à l'Energie atomique.* — Le « Scientific American » nous apprend que 82 nations viennent d'adopter un projet relatif à la création d'une agence internationale pour les applications pacifiques de l'énergie atomique. D'après ses statuts cet organisme a pour but de promouvoir parmi ses membres une coopération à la fois scientifique et matérielle et de favoriser aussi l'encouragement à la recherche, mais il doit encore veiller à ce que toute substance fissile ne soit pas utilisée à des fins militaires. Cet organisme sera probablement situé à Vienne. La Grande-Bretagne, la Russie et les Etats-Unis apporteront chacune une contribution ; celle des Etats-Unis sera représentée par un don de 5.000 kg de matières fissiles.

Le premier réacteur destiné à produire en Grande-Bretagne de l'énergie électrique à usage domestique a été mis en marche le 17 octobre 1956, à Calder Hall (Cumberland) ; il a une puissance de 27.000 Kw. C'est un réacteur « primitif » qui utilise de l'uranium naturel, c'est-à-dire non enrichi. Il est refroidi par du gaz carbonique sous pression et fonctionne à basse température. Il est susceptible d'intéresser tous les pays dont la science atomique n'est pas très avancée et qui ne peuvent pas séparer l'isotope ^{235}U.

On monte actuellement en Alaska une centrale électrique susceptible de présenter de l'intérêt dans les régions où le prix de l'énergie électrique est élevé. Ce réacteur utilisera de l'eau lourde pour freiner les neutrons et du sodium liquide pour le transport de la chaleur à la chaudière. Ce type de réacteur présente deux avantages : d'une part, l'eau lourde absorbe relativement moins de neutrons que d'autres substances utilisées pour les freiner ; d'autre part, par suite du point d'ébullition élevé du sodium, il n'est pas nécessaire d'opérer sous pression pour obtenir la vapeur surchauffée nécessaire aux turbines. Il y a cependant un inconvénient : c'est la possibilité de réaction violente entre l'eau et le sodium. Mais l'utilisation d'acier inoxydable a réduit notablement les risques de fuites. Enfin si l'eau lourde est d'un prix élevé, celui-ci a considérablement baissé puisque son prix actuel n'est plus que de 28 dollars le litre. Une fois achevé ce réacteur produira 10.000 Kw. Il fonctionnera avec de l'uranium faiblement enrichi ; ultérieurement il devra pouvoir fonctionner avec de l'uranium naturel.

P. Harteck et S. Dondes, de l'Institut polytechnique Rensselaer, ont montré par des expériences de laboratoire qu'ils relatent

dans la revue « Nucleonics » que dans un réacteur nucléaire il pouvait y avoir formation de peroxyde d'azote par irradiation de l'air. Le rendement le plus élevé en peroxyde est obtenu à 200° C sous une pression de 10 atmosphères, une très petite quantité d'oxyde de l'isotope ^{235}U étant mêlée à l'air. Les neutrons du réacteur provoquent la fission des atomes d'uranium et contribuent ainsi à l'ionisation de l'azote et de l'oxygène. Avec 450 g. de ^{235}U on peut ainsi obtenir 500 tonnes de peroxyde d'azote. Dans ces conditions un réacteur susceptible de fournir annuellement pour 4 à 6 millions de dollars d'énergie électrique pourrait en même temps produire une quantité de peroxyde d'azote valant 10 millions de dollars. En même temps la chaleur produite correspond à la combustion de 500.000 tonnes de charbon.

● *Les prix Nobel* 1956. — Le prix Nobel de *Physique* a été attribué conjointement à MM. William Shockley, Walter H. Brattain et au Professeur John Bardeen, âgés respectivement de 46, 54 et 48 ans. Ce sont les résultats de leurs recherches sur les semi-conducteurs et la découverte des transistors qui leur ont valu cette haute distinction. Leurs travaux ont été effectués aux laboratoires de la « Bell Telephone ». Le premier amplificateur utilisant un transistor a été découvert à l'aide d'un petit échantillon de germanium en contact avec deux fils métalliques : lorsque l'intervalle entre les deux contacts est inférieur à 0,2 mm. le courant passant par l'un des contacts a une influence considérable sur l'autre contact. Une théorie expliquant ces phénomènes a été proposée. Une conséquence de cette théorie est que les contacts métalliques ne sont pas indispensables et le phénomène s'est alors révélé d'une grande généralité. Les applications pratiques de ces découvertes se sont vite révélées extrêmement nombreuses. Dans de très nombreux domaines on peut remplacer les lampes électroniques par des transistors aux dimensions extrêmement réduites et d'une grande robustesse : machines à calculer, engins guidés, appareils de télécommunication, amplificateurs de toutes sortes, appareils radio, etc., sans compter de multiples applications scientifiques dans les domaines les plus variés de la recherche.

Le prix Nobel de *Chimie* a été attribué conjointement à Sir Cyril N. Hinselwood, Professeur à l'Université d'Oxford, et à Nicolas Semenov, Professeur de Chimie-physique à Moscou, âgés respectivement de 59 et 60 ans. Ces deux savants ont consacré leurs travaux à l'étude de la cinétique chimique et du mécanisme des réactions, principalement des réactions d'oxydation, d'inflammation et de combustion des mélanges gazeux. Ils ont appliqué à ces réactions la théorie des « réactions en chaîne » qu'ils ont considérablement développée et à laquelle ils ont donné un essor considérable, tout en accumulant des résultats expérimentaux nombreux et d'un très grand intérêt. Leurs travaux ont suscité un très grand nombre de recherches dans les laboratoires

du monde entier (et en particulier en France) spécialisés dans l'étude des phénomènes d'oxydation et de combustion.

Le prix Nobel de *Physiologie et de Médecine* a été attribué aux Professeurs André Cournaud (né à Paris et naturalisé Amécain) et Dickinson W. Richards (de l'Université Columbia), et au Docteur Werner Forssmann (de Bad Kreuznach), âgés les deux premiers de 61 ans et le troisième de 52 ans. Ce sont tous trois des spécialistes de la chirurgie cardiaque et en particulier du cathétérisme du cœur, opération qui consiste à introduire par une veine jusqu'au cœur, une sonde, opération qui a été réalisée pour la première fois par le Docteur Forssmann sur lui-même. Les travaux de ces trois savants ont fait faire des progrès d'une grande importance à la chirurgie cardiaque.

● *Un Conseil des Arts et des Sciences au Canada.* — La création d'un Conseil des Arts et des Sciences va être examiné par le parlement canadien. Ce conseil disposera d'un budget de 100 millions de dollars. La création de cette nouvelle institution n'est pas sans rapports avec la très forte émigration d'ingénieurs et techniciens canadiens vers les Etats-Unis, où ils sont attirés par des traitements et salaires nettement plus élevés qu'au Canada. En 1950, 20.000 techniciens canadiens sont passés aux Etats-Unis et leur nombre s'est élevé entre 25 et 30.000 par an pendant les dernières années. L'augmentation des crédits permettra non seulement de former un plus grand nombre d'ingénieurs et de techniciens mais aussi de les retenir au Canada.

● *La consommation des engrais en Grande-Bretagne.* — La consommation des engrais en Grande-Bretagne a été en 1956 nettement supérieure à ce qu'elle avait été en 1955 : 300.000 tonnes d'azote environ (contre 250.000 en 1955), 400.000 tonnes d'anhydride phosphorique environ (contre 340.000 en 1955) et 310.000 tonnes de potasse environ — en K_2O (contre 255.000 en 1955). On estime cependant qu'il n'y aura pas pour 1957 une nouvelle augmentation, l'été 1956 ayant été mauvais et les récoltes médiocres. Mais à plus long terme les prévisions sont optimistes par suite des encouragement des pouvoirs publics en faveur de l'agriculture. Ainsi plusieurs firmes de production d'engrais augmentent leur capacité de production et des engrais, jusqu'à présent importés de l'étranger en grande quantité, vont être produits en Grande-Bretagne. D'autre part les prix du fret des phosphates provenant d'Afrique du Nord ayant augmenté, et l'instabilité qui y règne conduiront à une augmentation du prix de ces engrais dont une partie sera d'ailleurs importée des Etats-Unis.

● *Fabrication d'urée aux Pays-Bas.* — On construit actuellement à Staatsmijnen, en Hollande, une usine destinée à produire

annuellement 50.000 tonnes d'urée. Cette urée sera utilisée comme engrais, comme aliment pour le bétail et aura des applications dans l'industrie des matières plastiques et des colles synthétiques.

● *L'éléphant de Ceylan.* — Gravement menacé, puisque sa population totale n'atteint que 900 têtes et que, selon M. C. E. Norris, secrétaire de la « Wild Life Protection Society » de Ceylan, deux cents pachydermes sont abattus chaque année, en raison surtout des dégâts qu'ils occasionnent aux cultures. Les parcs nationaux de l'île ne sont pas assez vastes pour les migrations des éléphants, et certains conservateurs suggèrent que ces réserves soient reliées entre elles par des routes-corridors également protégées. Du temps où Ceylan était considérée comme le grenier de l'Asie, la population d'éléphants était d'au moins cent fois supérieure à celle d'aujourd'hui, mais leur existence ne semblait pourtant pas incompatible avec celle de cultures très étendues. Au XIIe siècle, un édit du Roi Nissankamalla défendait l'abattage de tout animal dans un rayon de 45 km. de la ville d'Anuradhapura, et celle ville était le centre de la région des cultures rizières. Il ne semble donc pas impossible de concilier la protection des cultures et celle de l'éléphant. (*Bull. U.I.N.C.*)

● *Attention aux insecticides.* — Les traitements insecticides visant à détruire les larves souterraines nocives pourraient bien affecter les microfaunes du sol, qui jouent un rôle si utile dans son évolution, ainsi que des insectes vivant à la surface des terres et qui sont précieux parce qu'ils parasitent des formes nuisibles. La Commission spécialisée de la Société française de Phytiatrie et de Phytopharmacie met en garde contre ce danger et prêche la plus grande circonspection dans l'application des produits chimiques de synthèse.

● *Destruction de la grande faune.* — Le Dr Grzimek, directeur du Zoo de Francfort, dont le film africain « Plus de place pour les bêtes sauvages » vient d'obtenir un succès éclatant, dénonce les destructions insensées de la grande faune. Il cite le cas des opérations préparatoires au malheureux plan de culture des arachides au Tanganyika, lorsque les Africains furent armés et rétribués, entre 1948 et 1950, et parvinrent à abattre, sur un espace de 1.500 km^2, 8.554 grands mammifères entièrement inoffensifs.

● *Métaux précieux.* — Les progrès de l'industrie métallurgique d'une part et les facteurs économiques d'autre part, peuvent faire passer certains métaux considérés comme précieux dans le groupe des métaux communs. Mais l'inverse est également possible, surtout si la demande devient supérieure à l'offre. On sait

qu'il y a près d'un siècle, aux débuts de l'industrie de l'aluminium, créée en France par H. Sainte Claire Deville, ce métal était considéré comme un métal précieux et était utilisé en orfèvrerie.

Depuis un certain nombre d'années la production mondiale de nickel reste inférieure à la consommation et le prix de ce métal vient d'être récemment augmenté par « l'International Nickel Company of Canada » qui détient pratiquement le monopole de la production. Au prix actuel (environ 700 fr. le kg) et étant données la pénurie et l'augmentation sans cesse croissante des besoins industriels, on peut se demander si le nickel ne doit pas être considéré comme un métal précieux.

D'autres métaux, nouveaux venus en métallurgie, doivent à différents degrés être aussi considérés comme des métaux précieux. C'est le cas du niobium et du titane. On peut y ajouter le silicium, quoiqu'en vérité ce ne soit pas un métal, mais un métalloïde. L'importance du niobium provient de ce qu'il entre dans la fabrication d'aciers spéciaux à teneur élevée en nickel et utilisés en aéronautique dans la construction des turbines et des fusées. Enfin le silicium, produit uniquement par la Société Dupont de Nemours aux Etats-Unis, est un élément rare ; son prix est d'environ 250.000 fr. le kg. pour la pureté « transistor » ; à un degré de pureté moindre il vaut encore 150.000 fr. le kg.

On peut estimer que l'aluminium est à la limite entre les métaux précieux et les métaux communs, le nickel étant le premier des métaux précieux.

● *Préparation industrielle du Gallium.* — Il semble que le gallium doive prochainement être introduit dans l'industrie, grâce à un procédé électrolytique permettant de le récupérer dans les liqueurs de fabrication de l'alumine (Bayer). Ce procédé suisse (de « l'Alluminium Industrie Aktien Gesellschafft »), appliqué aux Etats-Unis, pourrait permettre une production de quelques centaines de kilogrammes par jour.

● 72 *quintaux de blé à l'hectare.* — C'est à Rothwell, en Angleterre, que cette récolte de blé record a eu lieu. Ce résultat sensationnel a été obtenu en ensemençant des champs expérimentaux avec des grains de blé irradiés au Centre d'Energie nucléaire de Harwell.

● *La lutte contre le Rat musqué en France.* — Le Rat musqué a été introduit en France il y a une trentaine d'années, dans les élevages d'animaux à fourrures des Ardennes, de la Somme et de l'Eure. Très prolifique, il s'est répandu dans la campagne. Il occupait 45.000 kilomètres carrés en 1955 et 85.000 en 1956. On commence à le trouver gênant, car il mine les berges des canaux et les piles des ouvrages d'art. Après l'avoir introduit d'Amérique, on va le pourchasser...

VIENT DE PARAITRE :

INTRODUCTION AU GÉNIE NUCLÉAIRE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE Thomas REIS

I

PHYSIQUE ET CALCUL DES RÉACTEURS NUCLÉAIRES

par

Théo KAHAN
Lauréat de l'Institut,
Docteur ès sciences,
Ingénieur E.S.E.,
Maître de recherche au C.N.R.S

Maurice GAUZIT
Docteur ès sciences
Ancien chargé de recherches au C.N.R.S.,
Ingénieur-physicien
au département d'études nucléaires de Hispano-Suiza

Préface de Louis de BROGLIE
Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences
Prix Nobel de Physique.

XIV-388 pages 16 × 25, avec 133 fig. Relié toile sous jaquette ...... **3 900 F**

II

CONTROLE ET PROTECTION DES RÉACTEURS NUCLÉAIRES

par

Maurice GAUZIT **Théo KAHAN**

Préface de L. de BROGLIE

XIV-396 pages 16 × 25, avec 180 fig. Relié toile sous jaquette ...... **3 900 F**

RAPPEL

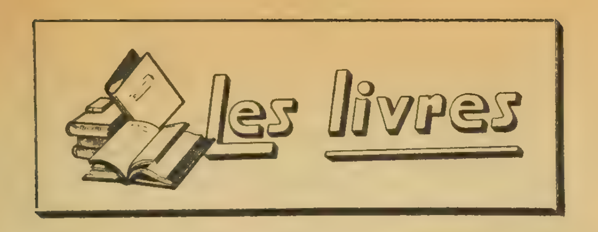
L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE DANS LE MONDE

par **Thomas REIS**

X-296 pages 16 × 25, avec 44 figures. Relié toile sous jaquette .... **2 900 F**

DUNOD

92, RUE BONAPARTE. PARIS (6e) Tél. : DAN. 99-15



GUEBEN (Georges). — Phénomènes radioactifs et introduction à la Physique nucléaire. — Un vol., 312 p., 16×25. — Desoer et Dunod édit., 2e édit., 1956. Prix : 4.200 fr.

Cet ouvrage donne un bon exposé simple et clair des phénomènes de radioactivité et des éléments de la technique de la physique nucléaire. Ne supposant que des connaissances de base très élémentaires il peut être lu avec fruit par un très large public ne possédant qu'une culture scientifique du niveau du baccalauréat et correspond à un enseignement que l'on souhaiterait voir inclure dans le programme des Certificats de Physique générale des Facultés des Sciences.

Après une introduction rappelant l'historique de la découverte des phénomènes de radioactivité, M. Gueben expose successivement les propriétés d'ionisation des gaz et les méthodes d'observation de la radioactivité, puis aborde l'étude des divers rayonnements : rayons α, β et γ, rayons secondaires. Il étudie ensuite l'évolution radioactive, les caractères particuliers de la chimie des radioéléments, la notion d'isotopie, puis les familles de radioéléments naturels et les actions du rayonnement des corps radioactifs. La physique nucléaire est abordée par l'étude des chocs nucléaires, les propriétés des champs de forces nucléaires, les phénomènes de désintégration artificielle. Après une description succincte des types d'accélérateurs de particules les propriétés des neutrons sont exposées. On étudie ensuite les réactions nucléaires, les phénomènes de fission, les réactions en chaînes et le principe des réacteurs nucléaires, des éléments transuraniens, les applications des radioisotopes, les relations entre la radioactivité, la géologie et la physique du globe, le rayonnement cosmique. Les propriétés des noyaux atomiques sont ensuite réexaminés systématiquement et conduisent à la notion de structure nucléaire exposee succinctement. Un chapitre final revient sur les techniques de mesure des rayonnements. Quelques tables numériques terminent l'ouvrage.

G. PETIAU.

GILLE (J.-G.), PELLEGRIN (M.), DECAULNE (P.). — Théories et technique des asservissements. — Dunod, Paris, 1 vol., 704 pages, 700 figures, 1957.

Ce très important ouvrage expose de manière progressive la théorie des asservissements et son application au projet des systèmes asservis. Il se compose d'une introduction générale et de cinq parties.

L'introduction expose la notion de système annexé et les problèmes généraux qui s'y rattachent. La première partie de l'ouvrage traite de la dynamique générale des systèmes linéaires qui est exposée en la centrant sur les méthodes dites harmoniques et les techniques correspondantes (réponse en fréquences, lieux de transfert). Dans la seconde se trouve exposée la théorie classique des asservissements linéaires qui est présentée comme une application particulière des méthodes générales développées dans la section précédente. L'étude des problèmes non linéaires fait l'objet de la partie suivante du livre ; on y trouve précisée la nature des non-linéarités rencontrées effectivement dans les systèmes asservis et exposées les deux méthodes qui sont à l'heure actuelle parmi les plus utilisées en matière d'asservissements non linéaires : l'approximation du premier harmonique et la méthode topologique de Poincaré. La quatrième partie concerne l'étude détaillée des principaux organes de systèmes annexés ; enfin la der-

nière partie traite assez complètement, deux exemples d'avant-projet de systèmes asservis.

Ce remarquable travail dont la lecture peut être entreprise par quiconque a les connaissances du certificat de mathématiques générales vient bien à son heure, celle où l'automatisme prend une place prépondérante dans la technique et ne manquera pas de rendre de très grands services.

M. PARODI.

HAYWOOD (F. W.) et WOOD (A. A. R.). — METALLURGICAL ANALYSIS by means of the Spekker photoelectric absorptiometer (Analyse métallurgique à l'aide de l'absorptiomètre photoélectrique de Spekker). — Un vol. VIII. - 292 pages, (16 × 24), Hilger et Watts Ltd, Londres, Edit. 1956. Prix relié sous jaquette : 40s.

Ce livre est destiné aux utilisateurs de l'appareil de Spekker auxquels il rendra de grands services.

Après une introduction relative aux principes généraux de l'analyse colorimétrique, les auteurs donnent les détails techniques de l'appareil : sources de lumière, filtres, cellules, galvanomètres. Les soins à apporter aux manipulations sont alors exposés. Viennent ensuite quelques généralités sur l'application à l'analyse métallurgique. Diverses méthodes d'analyse sélectionnées par les auteurs sont proposées aux lecteurs. L'ouvrage se termine par une bibliographie importante.

Marc LAFFITTE.

LAGRANGE (René). — Produits d'inversions et métrique conforme. — Fasc. XXIII des Cah. Sc. Julia, X, 332 p. — Gauthier-Villars, Paris, 1957. Prix :

Cette étude synthétise d'importants mémoires publiés par son auteur depuis une quinzaine d'années. Elle concerne surtout les parties de la géométrie anallagmatique prolongeant d'une manière assez immédiate la géométrie euclidienne. Divers géomètres ont déjà contribué à enrichir ce sujet en mettant au premier plan les transformations conservant la sphéricité et constituant ce qu'on nomme le **groupe anallagmatique.** Comme il est connu, on peut obtenir ces transformations par des **produits d'inversions** et c'est leur étude qui tient la place centrale dans la synthèse de M. René Lagrange : ce qui n'empêche pas le groupe cité et sa propriété caractéristique, relative à l'invariance des angles, d'apparaître au ch. I. D'ailleurs l'auteur explique sa préférence : son choix se justifie par ses liaisons naturelles avec l'algorithme des points, plans et sphères très usité en géométrie différentielle anallagmatique.

Après exposé au ch. II des principes de ce calcul, on atteint (ch. III) la formule qui représente le transformé d'un point ou d'une sphère par une suite d'inversions données. Les avantages sont manifestes quand il s'agit d'obtenir, dans les chapitres suivants, les conditions d'équivalence d'un produit d'inversions, soit à une homothétie soit à une inversion directe, ou encore celles de deux produits d'inversions.

Une seconde section de l'ouvrage, à partir des résultats d'invariance anallagmatique obtenus dans la première, introduit une métrique **sui generis** dite **métrique anallagmatique.** Cette théorie est notamment appliquée à l'étude anallagmatique des cycliques.

Ces questions n'ont jamais cessé de préoccuper les géomètres. Non seulement, l'ouvrage sera bien accueilli, mais on peut espérer que son auteur rassemblera de même ses recherches de même tendance sur la géométrie différentielle et sur diverses applications de tels sujets à l'analyse.

G. BOULIGAND.

LANGHAAR (H.L.). — Analyse dimensionnelle et théorie des maquettes (Dunod 1956). — Un volume 22×14, XVII, 230 pages.

VIENT DE PARAITRE :

CHIMIE PHYSIQUE

par

W.-J. MOORE

Professeur de Chimie à l'Indiana University.

TRADUIT DE L'AMÉRICAIN PAR

H. ABERDAM

Ancien élève de l'Ecole polytechnique.

640 pages 16 × 25, avec 203 figures. Relié toile sous jaquette .... **4 800 F**

92, rue Bonaparte DUNOD PARIS (6e). - DAN. 99-15

L'auteur est professeur de mécanique à l'Université d'Illinois, son traducteur est M. Charcosset, professeur à l'Ecole Nationale Supérieure de Mécanique de Nantes ; celui-ci a enrichi l'édition française de deux additifs, l'un traitant des fondements mathématiques de l'analyse dimensionnelle, l'autre en présentant une application aux essais d'hélices marines en soufflerie.

L'ouvrage comporte d'abord un exposé synthétique des principes de l'analyse dimensionnelle dont on montre l'intérêt technique et l'intérêt pratique. La plupart des disciplines de l'ingénieur sont examinées en liaison avec cette analyse. De nombreux exemples sont traités dans les divers chapitres. En outre, avantage appréciable, des problèmes sont proposés à la fin de chaque chapitre il y en a cent cinquante dont la réponse est donnée en fin de volume.

Sommaire : 1. Nature et usage des dimensions. — 2. Principes et illustrations de l'analyse dimensionnelle. — 3. Calcul systématique des produits sans dimension. — 4. Théorie algébrique de l'analyse dimensionnelle et problèmes de contraintes et déformation. — 7. Quelques applications de l'analyse dimensionnelle à la mécanique des fluides. — 8. Analyse dimensionnelle et théorie de la chaleur. — 9. Analyse dimensionnelle et électromagnétisme. — 10. Equations différentielles et similitude.

G. LAMBRAULT.

LEGRAS (J.). — Techniques de résolution des équations aux dérivées partielles, préface de M. J. Pérès. — Dunod, Paris, 1956, 180 pages, 75 figures. Prix, broché : 1.450 fr.

Cette publication fait suite à celle du même auteur « Résolution pratique des équations différentielles » parue en 1954 et se recommande par le même

esprit et les qualités. M. Legras y étudie les équations aux dérivées partielles du second ordre des trois types : elliptique, parabolique, hyperbolique, en se bornant, dans chaque cas aux équations les plus simples, caractéristiques du type, qui sont d'ailleurs les équations le plus couramment rencontrées dans les applications. M. Legras précise les problèmes aux limites correspondants et donne les développements analytiques essentiels ainsi que les méthodes très diverses qui, suivant les problèmes, s'adaptent à la détermination numérique des solutions.

Cet ouvrage permettra à tous les lecteurs soucieux d'une culture mathématique véritable, de se familiariser avec un très important chapitre de l'analyse.

M. PARODI.

MARCHAL (R.), ingénieur en chef de l'Air, professeur à l'Ecole Supérieure de l'Aéronautique et à l'Ecole Nationale du Génie Rural. — **La thermodynamique et le théorème de l'énergie utilisable.** — 218 p. 16×25, 56 fig. et 5 hors-texte. — Dunod édit. Prix, broché : 1.580 fr.

L'ouvrage reprend la matière d'un cours professé par l'auteur et a pour but de faciliter la compréhension du fonctionnement des machines thermiques et frigorifiques. Les principes généraux font l'objet de développements étendus [Température et équation d'état, chaleur, premier principe, enthalpie, gaz parfaits, deuxième principe, entropie]. Une part importante est réservée à l'exposé du théorème de l'énergie utilisable et à la démonstration de propriétés qui n'avaient jusqu'à présent pas été établies (énergie utilisable simple et avec transvasement, application au calcul des coefficients thermiques des fluides). Le dernier chapitre est consacré aux diagrammes et constiuue une synthèse générale.

Ecrit par un ingénieur pour des ingénieurs, ce livre intéressera à la fois les théoriciens et les praticiens, les étudiants et les techniciens.

G. LAMBRAULT.

MAY (Raoul-Michel). — **La culture des tissus.** Collection « Esprit et Méthode ». — Editions, Sedes, 1956. Prix : 450 fr.

La culture des tissus, découverte par Harrison en 1907, et si brillamment développée par Carrel à partir de 1910, est, d'entre les méthodes biologiques, l'une des plus fructueuses et des plus riches en possibilités. Outre qu'elle a conduit à établir une notion capitale, celle de l'immortalité potentielle des tissus somatiques, elle donne le moyen de pénétrer dans le mécanisme intime de la vie cellulaire, et, par là, d'aborder sinon de résoudre une foule de problèmes variés en cytologie, en hématologie, en pathologie, en virologie.

C'est ainsi qu'on a pu, grâce à elle, étudier les besoins nutritifs des cellules, les facteurs de croissance et d'inhibition, les modifications qu'apportent aux tissus la différenciation et le vieillissement, la genèse des éléments figurés du sang, l'évolution du chondriome, les effets de l'irradiation et de diverses intoxications chimiques, le mécanisme de la formation des cellules géantes, les propriétés de la cellule cancéreuse, etc. Toutes ces applications de la culture des tissus nous sont présentées par M. Raoul-Michel May qui a lui-même utilisé et perfectionné cette technique dans un petit volume d'une grande richesse d'information, et qui, malgré sa haute tenue scientifique, reste accessible au lecteur le moins spécialisé. On retrouve en cet ouvrage le grand souci de précision, l'art de la mise au point, l'esprit de méthode et le don d'élégante clarté qui caractérisent l'enseignement de l'auteur et font de R.-M. May le guide le plus sûr en matière de biologie générale.

Jean ROSTAND.

MENGER (Karl). — **Calculus. A Modern Approach.** — Un vol. XVII, 384 p. — Ginn et Cy édit.

L'enseignement des mathématiques et notamment des éléments du calcul différentiel et intégral est considéré d'une façon générale comme devant s'étendre sur une période minimum de trois ou quatre ans. Pendant la dernière guerre les services de l'armée américaine se sont trouvés devant la nécessité de former rapidement des ingénieurs et des techniciens capables de comprendre et d'effectuer des calculs de niveau élevé mais limités à des branches très spécialisées (mécanique, aéronautique, thermodynamique, électronique, etc...). Ce problème fut résolu par la création de cours de formation mathématique accélérée analogues aux formations techniques accélérées en usage dans les industries en expansion. Chargé d'un enseignement de ce type, M.K. Menger a repensé l'exposé classique des éléments du calcul différentiel et intégral et il nous donne dans cet ouvrage une mise au point de ses cours.

Les mathématiques considérées sont essentiellement concrètes et les notions de courbes, de longueur, d'aire, sont admises a priori sans recherche de tératologie. Cela ne veut pas dire qu'il y a abandon de rigueur. La rigueur dans les mathématiques dites appliquées est probablement plus étroite que celle communément admises en mathématiques pures qui se borne souvent à des appréciations formelles. M. Menger introduit d'emblée une terminologie et des notations plus simples que les notations traditionnelles (par exemple il écrit : S f au lieu de S f (a) dx, S f pour S f (x) dt, Df xo pour L f (a) I x = xo, il appelle antidérivée et note D-I f la fonction primitive de f (x), D-1 (a, b) f la primitive de f (x) qui pour x = a prend la valeur b). Ces notations sont certainement très adaptées à l'enseignement totalement concret que donne M. Menger et elles pourraient s'étendre sans difficulté à des études mathématiques plus approfondies. M. Menger insiste sur le passage des formules aux nombres, sur la valeur des solutions graphiques approchées, sur le caractère particulier des variables dimensionnées, d'une façon générale sur tout ce qui caractérise les applications de l'analyse aux objets réels non idéalisés.

L'ouvrage de M. Menger présente un intérêt indiscutable en tant qu'exposé d'une nouvelle méthode pédagogique. Celle-ci mérite d'être discutée dans les différents corps enseignants. L'objection principale qu'on peut lui faire me semble être que les mathématiques concrètes ainsi exposées sont très loin de constituer l'instrument de culture par excellence que sont les mathématiques classiques.

G. PETIAU.

PATIN (P.). — Les transmission de puissance et la variation de vitesse. Préface de A. Caquot. — 340 p. 16×25 318 fig. 8 planches. — Eyrolles, éditeur. Prix, broché : 3.300 fr.

Destiné à tous les ingénieurs qui ont à établir, à construire ou à utiliser des transmissions, l'ouvrage comporte deux parties. La première est consacrée aux questions théoriques et aux éléments des transmissions (descriptions et calculs). La seconde décrit les grandes famille de transmissions donnant pour chacune d'elles des exemples typiques. Voici un extrait de la table des matières : Rôle de la transmission. — Problèmes posés : par les transmissions de traction, par les transmissions de machines-outils. — Différents types de transmissions réelles. — Rendement. — Notion de rapport d'utilisation. — Rappel succinct de résistance des matériaux. — Eléments communs des transmissions. — Accouplement. — Embrayages. — Engrenages. — Roues libres. — Courroies. — Chaînes. — Eléments spéciaux aux transmissions de traction. — Inversion du mouvement. — Application de l'effort à l'essieu. — Eléments communs de transmissions. — Articulations. — Paliers. — Coussinets — Roulements. — Butées. — Lubrification. — Commande des transmissions. — Servo-mécanismes. — Transmissions mécaniques : à frottement, à engrenages. — Transmissions hydrauliques à turbo-machines. — Transmissions volumétriques. — Transmissions hydromécaniques. — Transmissions électriques : à courant continu, à courant alternatif.

PERROT (H.), ERPERLING (N.-L.), PERROT (P.-H.). — Le freinage des véhicules automobiles sur route. Préface de Ch. Farroux. — 442 p. 16×25, 266 fig. — Eyrolles, édit. Prix, relié : 3.600 fr.

Cet ouvrage spécifiquement consacré aux freins, traite d'une question d'une importance primordiale : il offre une documentation complète et précise et une étude détaillée de tous les problèmes se posant, à un titre quelconque, en matière de freinage. On y trouve les différents types de freins et leurs systèmes de commande examinés aux points de vue structure, fonctionnement, réglage ; l'étude du véhicule en freinage (variations de l'adhérence avec le sol et la décélération) et de la condition d'efficacité des freins ; l'analyse des moyens propres au perfectionnement de certaines solutions et permettant d'atteindre l'efficacité maximum.

G. LAMBRAULT.

PICON (M.), FLAHAUT (J.). — Eléments de Minéralogie et de Cristallographie. — Un vol. in-8°, 293 p., 289 figures, Paris, 1957, SEDES Edit. Prix : 2.000 fr.

Cet ouvrage est, comme l'indique son titre, un manuel de Cristallographie et de Minéralogie.

Les deux premiers chapitres sont consacrés aux définitions et aux caractères généraux des minéraux (forme, couleur, dureté, densité). Le chapitre III traite de la structure des cristaux et le chapitre IV de leurs caractères géométriques. L'étude des systèmes cristallins et des principales lois de la cristallographie est fort claire. Elle est suivie de l'examen des propriétés optiques, calorifiques, électriques et radioactives.

Le lecteur est ensuite initié aux principes de l'analyse chimique et spectroscopique, puis à la distribution des éléments chimiques dans l'écorce terrestre et à la notion de gîtes métallifères.

LIBRAIRIE VUIBERT, 63, BOULEVARD SAINT-GERMAIN - PARIS (V[e])

Viennent de paraître :

ANNALES DE PROPÉDEUTIQUE

1956

AVEC MODÈLES DE SOLUTIONS

Fascicule 1. MATHÉMATIQUES GÉNÉRALES.. 400 F
Fascicule 2. M. P. C. .... 400 F
Fascicule 2 *bis*. S. P. C. N. .... 400 F
Fascicule 3. FRANÇAIS, LATIN, GREC, HISTOIRE ET GÉOGRAPHIE .... 400 F
Fascicule 4. ALLEMAND, ANGLAIS, ESPAGNOL, ITALIEN .... 400 F

Le chapitre VIII et dernier (pp. 190-293) est consacré à la description d'un grand nombre d'espèces minérales.

Ce livre, bien présenté et bien illustré, a été écrit par des Pharmaciens à l'usage des étudiants en Pharmacie (et des autres d'ailleurs). Il témoigne du désir de la Faculté d'assurer à ses étudiants une culture générale complète, d'autant plus utile d'ailleurs que la Minéralogie a toujours eu des rapports étroits avec la Pharmacie. Ces rapports ont pu changer en **apparence**, du fait que si la pharmacopée (française) n'utilise plus de pierres précieuses en poudre, du moins utilise-t-elle de plus en plus les oligo-éléments bien connus des géochimistes et des biologistes. Peut-être utilisait-on jadis l'émeraude et le zircon sans connaître les vertus éventuelles du glucinium ou du zirconium ou de quelques « impuretés ». Ce manuel rendra également service au Pharmacien appelé à faire partie des conseils départementaux et autres organismes ayant besoin d'un expert.

R. FURON.

PLOQUIN (J.). — Contribution à l'étude de la combustion des bases pyridiques. — 1 vol., 21 p., 10 fig., Publications Scientifiques et Techniques du Ministère de l'Air, S.D.I.T., Paris, 1956. Prix : 385 fr.

L'auteur a étudié la combustion lente des bases pyridiques entre 400° et 600° C. Il rapporte les réseaux de courbes isothermes et isochrones donnant la composition des produits gazeux. Dans une première partie M. Ploquin décrit le dispositif expérimental et la préparation des expériences, soulignant les difficultés rencontrées pour obtenir des résultats reproductibles. Une deuxième partie est consacrée aux résultats qualitatifs et quantitatifs obtenus. La conclusion qu'apporte l'auteur à ses travaux se résume ainsi : la combustion lente des bases pyridiques s'effectue entre 400° et 600° C. avec formation primaire d'oxyde de carbone puis d'anhydride carbonique et dégagement d'azote moléculaire. Les homologues de la pyridine brûlent plus aisément que la pyridine elle-même ; seule celle-ci peut présenter un pouvoir antidétonant.

R. DELBOURGO.

PREUSS (Dr. H.). — Integraltafeln zur Quantenchemie (Tables des intégrales de la chimie quantique). — Volume 1, VI, 162 p., in-4°., 1956. — Springer-Verlag.

La théorie quantique de la liaison chimique est une des plus importantes applications de la mécanique ondulatoire. Née vers 1930, elle tend, à la suite d'efforts de groupes de chercheurs de plus en plus nombreux dans le monde entier, à nous donner une connaissance de plus en plus précise du mécanisme des réactions chimiques. Les difficultés rencontrées dans les calculs qui semblaient inextricables ont été peu à peu surmontées grâce, notamment, à l'intervention des machines à calculer électroniques. Aujourd'hui une masse imposante de résultats fondamentaux se trouve rassemblée et des ouvrages de synthèse ou de mise au point apparaissent. Une bibliographie générale sur le calcul et les tables numériques des intégrales intervenant dans les problèmes de la structure moléculaire a été publiée par A. Dalgano dans le journal « Mathematical Tables » (M.M.A.C., T. 8, p. 203-16, 1956). L'ouvrage de M. H. Preuss de l'Institut Moa Planck de Gottingen rassemble les principales formules relatives au calcul des principales de ces intégrales et les tables numériques correspondantes pour différentes valeurs du paramètre d'écran. On y trouve notamment les tables numériques relatives aux intégrales à un seul centre, aux intégrales d'interaction entre les couches K et L selon la valeur du paramètre d'écran, et diverses tables numériques de fonctions auxiliaires.

G. PETIAU.

RAPPENEAU (J.). — Recherches sur la combustion d'un mélange d'hydrocarbures. — 1 vol., 90 p., 56 fig. Publ. Scient. et Tech. du Ministère de l'Air, S.D.I.T., Paris, 1956. Prix : 1.100 fr.

M. Jean Rappeneau, ingénieur de recherches à l'O.N.E.R.A., apporte dans ce livre une contribution à l'étude de la combusiton du kérosène dans un foyer de réacteur. On sait que le kérosène est le carburant normal des réacteurs et des turbopropulseurs. L'auteur passe en revue les données théoriques sur la combustion du kérosène dans l'air. Cette étude a été entreprise dans le foyer même où ce carburant est normalement utilisé : une chambre de turboréacteur. L'auteur a d'abord déterminé par des calculs théoriques les températures et les concentrations des produits formés dans la combustion des mélanges air-kérosène, il a ensuite analysé les gaz d'échappement provenant de la chambre et mesuré la température de ces gaz.

Dans une partie expérimentale l'auteur décrit les méthodes de mesures employées : méthode d'analyse des gaz et méthode de mesure des températures. Ces techniques débordent le cadre du seul problème de la combustion du kérosène dans l'air et intéressent tous ceux que préoccupent le mécanisme des réactions de combustion et l'étude analytique des produits gazeux formés, intermédiaires ou finaux.

Une troisième partie concerne les flammes des mélanges air-kérosène, étudiées dans un brûleur, tant du point de vue de la propagation de la flamme dans des écoulements laminaires et turbulents que de la vaporisation et des limites de stabilité ainsi que des mesures de vitesse de propagation et de température de flammes.

Ce travail s'adresse à tous ceux qui de plus en plus nombreux, du point de vue fondamental et de celui de la recherche appliquée, essayent de résoudre le processus complexe des réactions de combustion.

R. DELBOURGO.

ROURE (Georges). — Faune et chasse en Afrique occidentale française. — 1 vol. in-8°, 412 pages et nombreuses illustrations. — Dakar, 1956, éditions G.I.A.

L'Afrique occidentale française. bénéficiant de la rapidité des transports aériens, commence à recevoir des touristes et des chasseurs. Les uns et les autres ne sont pas sans renseignements, mais ils ne disposaient pas d'un ouvrage complet. L'auteur connaît fort bien le pays, ses habitants et ses animaux. Il a voulu réaliser un guide du tourisme cynégétique, harmonisant les conceptions différentes du touriste, du zoologiste, du chasseur et du conservateur de la Nature. Il y a fort bien réussi. Les animaux sont décrits et figurés, en s'inspirant directement d'ouvrages scientifiques peu accessibles. Il y a des projets d'excursions, puis les règlements concernant la chasse et la protection des animaux que l'on appelle sauvages. On a même le plaisir de voir rappeler aux chasseurs que la chasse cinématographique est tout aussi intéressante que le massacre d'animaux inoffensifs. C'est un livre bourré de renseignements qui intéressera non seulement les futurs touristes, mais aussi tous ceux qui vivent ou ont vécu en Afrique occidentale française.

L'illustration est due à M. Blancou, inspecteur en chef des chasses et « animalier » de talent.

R. FURON.

THEOBALD (N.) et GAMA (A.). — Géologie générale et Pétrographie. — 1 vol. in-8°, 304 pages, 157 figures, 12 planches hors-texte. Préface de A. Obré. Paris, 1956, G. Doin et Cie, éditeurs.

C'est le premier volume d'un ensemble « Géologie » à l'usage des candidats aux grandes Ecoles. Il traite d'abord de l'objet et des méthodes de la géologie. Il aborde ensuite la constitution du Globe terrestre et le relief de la Terre. C'est ici que sont introduites des notions de pétrographie. Les chapitres suivants sont consacrés à l'érosion, aux eaux souterraines, aux lacs, aux eaux courantes, un rôle géologique de la mer et des glaciers. Le chapitre VII et dernier traite des tremblements de terre, des phénomènes volcaniques, des déformations tectoniques, puis de l'âge de la Terre. Cet

ouvrage destiné à l'enseignement est satisfaisant et chose bien remarquable, les hypothèses y sont présentées comme des théories et non pas comme des réalités scientifiques. L'illustration est bonne et utilise des documents récents.

R. FURON.

TOUCHAIS (M.). — Les applications techniques de la logique. Préface de M. G. Lehmann. — Un vol. XX-84 p. 16×25. — Dunod, éditeur, 1956. Prix : 940 fr.

Dans cet ouvrage l'auteur propose un nouveau formalisme pour représenter un calcul logique construit essentiellement en vue d'applications techniques. Partant de la notion de variable bivalente, l'auteur construit un système d'opérations binaires dont il expose les règles de composition. Ce système binaire est ensuite généralisé et conduit à l'introduction de fonctions ternaires et quaternaires puis à un système de calcul des signes. Ce formalisme est ensuite appliqué à l'étude des schémas de commutation et à l'étude des systèmes de verrouillages et d'enclenchements.

G. PETIAU.

Mac VITTIE (G. C.). — General Relativity and Cosmology. (The International Astrophysics series, vol. 4). — Un vol. 193 p., Chapman et Hall édit., London 1956, prix 42 s.

Alors que la relativité restreinte est née de la recherche d'une interprétation cohérente des phénomènes de l'électromagnétisme et de l'électrodynamique, la relativité générale a été introduite par la recherche d'une représentation des forces de gravitation, la liaison étroite entre ces deux théories résultant des lois des mouvements accélérés et de la proportionnalité entre la masse d'inertie et la masse de gravitation. Les forces de gravitation s'exercent principalement à l'échelle astronomique et à l'échelle cosmologique. C'est pourquoi le but essentiel de la relativité générale a été la recherche d'une représentation harmonieuse de l'univers. Ce but a-t-il été atteint ? On peut l'admettre si l'on démontre que l'ensemble des résultats de l'astronomie moderne peut s'interpréter par un choix convenable parmi les solutions des équations d'Einstein. L'ouvrage de M. Mac Vittie se propose de nous le montrer. Il expose donc d'une façon générale les développements de la théorie de la relativité générale en tant que méthode de mécanique céleste et de cosmologie.

Après deux chapitres introductifs sur le calcul sensoriel, la géométrie riemanienne et sur la mécanique de la relativité restreinte, il expose les principes de la relativité générale conduisant aux équations d'Einstein et les propriétés générales de celles-ci.

Le chapitre suivant développe les propriétés de l'espace-temps associées au choix de la métrique de Schwarzschild. Il montre ensuite comment des approximations successives des équations d'Einstein permettent de représenter l'hydrodynamique d'ur fluide newtonien dont on examine en détail divers cas particuliers.

Les chapitres suivants considèrent les données astronomiques sur la cosmologie et leur interprétation possible par les modèles d'univers appelés uniformes dans lesquels la pression et la densité ne sont fonctions que du temps. Une étude critique détaillée conduit à penser que les modèles d'univers uniformes permettent d'interpréter sans contradiction les résultats astronomiques actuels sur le système de galaxies.

G. PETIAU.

WILKINS (H. P.). — Les mystères de l'espace et du temps. — Un vol. in-8° 206 pages, 3 figures, 8 planches. Paris, 1956, Payot éditeur. Prix : 900 fr.

L'auteur est directeur de la section : Lune, de l'Association astronomique britannique. C'est ce qui explique que négligeant la Terre, il passe

rapidement à l'espace fort encombré d'objets volants, qui n'ont rien à voir avec les « soucoupes volantes » des journalistes en mal de copie. Un gros chapitre est consacré à la Lune, première étape du tourisme extra-planétaire. Ensuite, c'est Mars et les autres planètes, puis le Soleil et les comètes. Le chapitre sur les étoiles et les galaxies est étourdissant. Les Astronomes ont fait beaucoup de progrès depuis 50 ans et nous offrent de nouveaux aperçus sur le mystère de l'espace et du temps. Puis au dernier chapitre, on en revient aux problèmes qui tourmentaient déjà l'esprit humain il y a 5.000 ans.

R. FURON.

YIFTAH (S.). — **Constantes fondamentales des théories physiques.** — Préface de L. de Broglie. — Un vol. in-8° (16 × 25) de XII-124 p. Gauthier-Villars édit. Prix : 2.300 francs.

Les théories physiques étudient généralement l'évolution des phénomènes et pour en obtenir les lois recherchent les solutions d'équations différentielles ou d'équations aux dérivées partielles. Ces théories introduisent des constantes considérées comme fondamentales et données a priori. Les six principales sont la vitesse de la lumière dans le vide **C**, la constante de Planck **h**, la masse **Me** et la charge électrique **e** de l'électron, la masse du nucléon **Mp** ou **Mn** suivant ses états de proton ou de neutron, la constante de la gravitation universelle .

M. Yiftah, dans son ouvrage très original et extrêmement documenté s'est proposé d'examiner la nature et le rôle de ces constantes, leurs relations entre elles et réciproquement de classer les théories physiques d'après le rôle joué par ces constantes.

Le premier chapitre, après avoir montré le rôle particulier des six constantes fondamentales examine notamment les diverses théories qui ont proposé de leur adjoindre une nouvelle constante, la « longueur élémentaire ».

Le chapitre II examine quelques problèmes généraux du point de vue des constantes fondamentales : classification des théories physiques d'après leurs constantes, problème associés à l'introduction des sources dans les théories de champs, introduction des constantes fondamentales en relativité générale et dans la nouvelle théorie unitaire d'Einstein. Le chapitre III étudie plus particulièrement les caractères des six constantes et en dégage notamment trois « constantes pures » qui semblent jouer un rôle particulièrement important (Mn/Me 1836, $hc/2\pi e^2$ 137, $e^2/$ MpMe 2,28.10). Il discute également les tentatives faites pour mettre en évidence une variation éventuelle de ces constantes au cours du temps. Le chapitre IV examine la relation entre les masses du proton et de l'électron Mp/Me 1836 et les théories qui essaient de l'obtenir directement ou de l'interpréter notamment la théorie d'Eddington. Le chapitre V est consacré à l'examen de la constante 137 et à son rôle étonnant en physique atomique. Le chapitre VI examine la constante ou les constantes de l'ordre de 10^{39} rattachées à des relations entre une quantité dérivée de la structure de l'univers à grande échelle et une autre appartenant au domaine atomique. Ces constantes rattachent les modèles cosmologiques aux modèles atomiques et caractérisent notamment les théories d'univers en expansion.

G. PETIAU.

ZENER (C.). — **Elasticité et anélasticité des métaux, traduit par J. Chatelet.** — Un volume X - 174 pages, 16 × 24 cm., 55 figures, Dunod éditeur, Paris, 1955, relié toile. Prix : 2.280 francs.

En 1945, l'Université de Chicago a créé un Institut d'étude des métaux destiné à rassembler dans un même établissement des physiciens, des chimistes et d'autres chercheurs plus spécialisés afin qu'ils puissent plus facilement qu'auparavant coordonner leurs efforts. Pour aider à la diffusion des connaissances indispensables aux métallurgistes, cet Institut a décidé

de donner son appui pour l'édition de monographies des différents aspects de la métallurgie. C'est dans cette ligne qu'a été publié le livre de C. Zener dont la librairie Dunod nous propose une traduction par J. Châtelet.

Après une courte introduction, l'ouvrage est divisé en deux parties : élasticité des métaux et anélasticité des métaux. L'auteur appelle anélasticité « la propriété des solides d'après laquelle l'effort et la déformation ne sont pas univoques l'une de l'autre dans l'intervalle des faibles efforts où il n'y a pas de déformation permanente, et où la relation entre l'effort et la déformation est presque linéaire ». Dans la première partie, l'auteur commence par donner un bref résumé de la théorie mathématique traitée par Voigt, puis passe à l'étude des constantes élastiques des métaux cubiques à température ambiante. Un chapitre est spécialement réservé à la variation des constantes élastiques avec la température. Pour en terminer avec l'élasticité, l'auteur étudie sous le nom de micro-élasticité la relation entre l'énergie et la déformation de régions élémentaires cristallographiquement parfaites (qui sont de l'ordre d'une centaine de mailles de long).

Dans la deuxième partie, on trouvera d'abord une théorie mathématique de l'anélasticité, puis une étude sur la détermination du spectre de relation. Enfin l'auteur étudie très en détails (100 pages) l'interprétation physique de l'anélasticité.

Ce livre rendra sans aucun doute de très grands services à tous ceux qui étudient ou désirent étudier les métaux avec la rigueur des méthodes des mathématiques, de la physique et de la chimie-physique. Remercions M. Châtelet d'avoir su nous présenter une traduction très bien faite de cet excellent ouvrage.

Marc LAFFITTE.

NUMERICAL ANALYSIS. T. VI. — Proceedings of the Sixth Symposium in applied mathematics of the American Mathematical Society (26-28 août 1953). Editeur : J. H. Curtiss, Comité de publication R. V. Churchill, E. Reissner, A. H. Taub — Un vol. 303 p., Mc Graw-Hill C° London édit., 1956. Prix 73 s.

Ce volume rassemble les textes des communications présentées au sixième symposium sur les mathématiques appliquées réuni par l'American Mathematical Society à Santa Monica les 26-28 août 1953.

Ce symposium portait sur l'Analyse numérique. Les communications suivantes y ont été présentées :

Les problèmes de calcul numérique dans la théorie des programmes dynamiques par R. Belmann, quelques méthodes pour la résolution des problèmes aux limites pour les équations aux dérivées partielles par S. Bergman ; Aspects de calcul numérique pour certains problèmes combinatoires par R. H. Bruck ; Résultats numériques sur la configuration de choc dans la réflexion de Mach par D. R. Clutterham et A. H. Taub ; quelques applications des méthodes de gradient par J. W. Fischbach ; Quelques considérations qualitatives sur les questions de stabilité pour les équations aux différences partielles par S. P. Frankel ; Approximations en analyse numérique par C. Hastings, J. Hayward et J. P. Wong ; La méthode du gradient conjugué pour la résolution des systèmes linéaires par M. R. Hestènes; Les problèmes de théorie des nombres sur l'appareil SWAC par E. Lehmer ; Le problème des conditions par T. S. Motzkin ; La méthode de Col par P. C. Rosenbloom ; Espaces de fonctions et approximation par A. Sard ; Quelques problèmes de calcul numérique en théorie algébrique des nombres par O. Taussky ; L'application des machines aux problèmes dont les variables sont des permutations par C. B. Tompkins ; La meilleure approximation polynomiale de degré donné par J. L. Walsch ; Résultats récents dans les méthodes numériques de représentation conforme par S. L. Warschawski ; Sur la transformation asymptotique de certaines distribu-

tions en la distribution normale par W. Wasow ; Limites pour l'erreur dans les valeurs propres des équations intégrales symétriques par H. Wielandt ; Sur la solution des systèmes linéaires par itération par D. Young.

G. PETIAU.

Transformation et moulage du Magnésium. **Rapport de la mission d'assistance technique n° 104, publié par l'Agence européenne de productivité de l'O.E.C.E.,** 1 brochure 15 × 24 cm, 93 p. 400 fr., Paris, 1956.

Si le développement du magnésium aux Etats-Unis est relativement récent il a, par contre, été extrêmement rapide. La plupart des techniques d'élaboration et de transformation du magnésium avaient été mises au point en Europe avant la guerre et il n'est pas surprenant que la mission n'ait relevé aucune différence fondamentale entre les techniques générales qui ont cours aux Etats-Unis et celles qui prévalent en Europe. C'est sur le souci constant de la qualité qu'il convient de mettre l'accent, souci esssentiel dans l'industrie d'un métal qui ne tolère aucun empirisme dans les méthodes de travail. L'organisation et l'équipement des usines de transformation sont naturellement conditionnées par le volume de la production et l'importance des séries. On en trouvera des exemples significatifs dans ce rapport qui comprend les chapitres suivants : fusion ; fonderie ; coulée sous pression ; filage et laminage ; formage et soudage ; contrôle et recherches.

Il est à noter que grâce à un échange d'informations constant et sans réserve entre les techniciens des différentes firmes, il s'établit un courant continu de progrès collectifs. La Mission a pu en apprécier les bienfaits tant dans les différentes usines visitées qu'à l'occasion des discussions techniques. La preuve est faite qu'une politique stérile de prétendus « secrets de fabrication » ne peut aboutir qu'au piétinement technique et à la dispersion des efforts ; elle n'a pas sa place dans l'industrie moderne. Il est souhaitable qu'à l'exemple des firmes américaines (et cette conclusion doit être généralisée à toutes les industries) les entreprises européennes établissent sans tarder une coopération technique dont l'efficacité eest en raison directe de la sincérité.

P. LAFFITTE.

Vient de paraître :

Maurice DODÉ

Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy

BASES FONDAMENTALES ET APPLICATIONS DE LA

THERMODYNAMIQUE CHIMIQUE

Un volume in-8° raisin, 503 pages .... **4 000 F**

SEDES, 5, place de la Sorbonne - PARIS

Imprimerie Jacques et Demontrond, Besançon.

Le Gérant : R. CONSTANS.